

**Széchenyi István Egyetem**  
**Műszaki Tudományi kar**  
**Baross Gábor Építési és Közlekedési Intézet**  
**Szerkezetépítési Tanszék**

**Dr. Szepesházi Róbert**

**Távoktatási útmutató**  
**a Geotechnika I. tárgyhoz**

**Győr**

**2005**

## Bevezető

### Kedves Kolléga!

Miután Ön sikerrel teljesítette az építőmérnöki stúdium első két félévét, most, a harmadik félévben már több „igazi mérnöki” tárggyal találkozhat. Ezek közé tartozik a **Geotechnika** is, mellyel legalább **két szemeszteren át** fog „birkózni”, s az ennek során megszerzett tudásról az **államvizsgán is** számot kell adnia, mert a tárgy az építőmérnöki ismeretek szakmai törzsanyagához tartozik. Bizonyára lesznek azonban Önök között olyanok is, akik az 5. félévben a **közlekedésépítési szakirányon** folytatják, ők pedig még **egy további féléven** keresztül fogják „élvezni” a tárgyat.

### Mivel is foglalkozunk majd a geotechnika tárgy keretében?

Ön az építőmérnöki tanulmányokat bizonyára azért választotta, mert valamilyen módon kötődik az építési tevékenységhez. Így valamennyire bizonyára már azt is tudja, hogy alig van olyan mérnöki létesítmény, amelyik valamiképpen ne kapcsolódna a földhöz, a talajhoz. Számos mérnöki alkotás anyaga a talaj, míg az építmények nagy részénél - hol egyszerűbb, hol bonyolultabb - **kölcsönhatás alakul ki a mérnöki szerkezet és az altalaj között**. Ha megértjük és kezelni tudjuk ezt a kapcsolatrendszeret, akkor képesek lehetünk például felhőkarcolók alapozására, száz méter magas földgátak építésére, a város alatt kanyargó metrók megépítésére. Ha viszont hiányzik belőlünk a geotechnikai tudás, annak süllyedések miatt megrepedezett épület, leomlott támfal, összetöredezett burkolat lehet az „eredménye”. S mivel a talaj egy építésre kijelölt helyen adottság, nem a mérnök választja, mint például a felszerkezet anyagát, **a talajjal kapcsolatos problémák felismerésére és a mások által ajánlott megoldások értékelésére** minden mérnöknek képesnek kell lenni. Legalább e szint eléréséhez szeretnénk Önt hozzásegíteni a két félév alatt, de reméljük, hogy sokan jóval messzebb jutnak és később esetleg éppen geotechnikai szakemberként dolgoznak majd.

Egy bevezetőben talán szerencsésebb volna csupa kedvcsinálót írni, de tartozunk annyival Önnek (és az igazságnak), hogy jelezzük, **a Geotechnika tárgy** mindenhol és mindenkor **az építőmérnöki tanulmányok egyik legnehezebb része** volt. Ennek okai a tárgy sajátosságaiban rejlenek, melyekre később még kitérünk. Itt csak a legfontosabbat emeljük ki: a talaj egy természetes képzôdmény, s ezért sokkal nehezebb a tulajdonságait megismerni, viselkedését törvényekkel leírni, mint a többi, a mérnök által mesterségesen előállított, vagy legalábbis célszerűen, éppen kedvezô tulajdonságai miatt kiválasztott építôanyagot. Valamelyest **más szemléletmódot és sokirányú alapképzettséget kíván**. A talajjal kapcsolatos problémák elméleti megoldásában fizikai, mechanikai, kémiai és matematikai alapismeretekre támaszkodik, a mindig egyedi megoldások tervezéshez és kivitelezéshez nélkülözhetetlenek a közgazdaságtani és környezetvédelmi alapismeretek, a mélyépítés gyakorlatához pedig praktikus, technikai ismeretekre és készségekre van szükség. Mindezek miatt a tárgy teljesítése általában csak azoknak sikerül, akik folyamatosan tanulnak, csak akkor lépnek tovább új anyagrészekre, ha az előzőeket pontosan értik, ha nem sajnálják az időt és az energiát az önálló feladatmegoldásra.

A fentebb vázolt célok elérését és a jelzett nehézségek leküzdését segítettô készítettük Önöknek ezt a **távoktatási jegyzetet**. Két fôrészbôl áll:

1. **tantárgyi tájékoztató**, mely a tárgyról, a félév anyagáról, a feladatokról, a követelményekről és az értékelési módról ad áttekintést;

2. **tanulási útmutató**, mely a nappali tagozaton a tanórákon adott segítséget igyekszik pótolni.

Reméljük, hogy e jegyzet a kötelező alapjegyzetekkel és az ajánlott irodalommal együtt, a konzultációkon nyújtandó segítséggel kiegészítve eredményes tanulást tesz lehetővé. Ne feledje azonban: a főiskola, az oktató csak segítséget tud nyújtani, tanulmányainak fôszereplôje csak Önmaga lehet, a siker Önön múlik. **Eredményes munkát kíván**

dr. Szepesházi Róbert

## A Geotechnika tárgya és témakörei

Az építmények többsége valamilyen kapcsolatba kerül a földtani környezetével, közvetlen érintkezésbe az altalajával, egyes építmények fő építőanyaga pedig maga a talaj. **A tágabb földtani környezet, a talaj és a mérnöki szerkezet között bonyolult kölcsönhatások alakulnak ki. A geotechnika e kölcsönhatások vizsgálatának, elméleti és technikai kezelésének tudománya.** Egyes elméletei 200 éves múlttal bírnak, technikai ismeretanyaga még régebbi. Egységes műszaki tudományként mégis fiatalnak tekinthető, e század 30-as éveitől tanítják önálló diszciplínaként.

A mai felfogás szerint a Geotechnika **a következő ismeretköröket foglalja magába:**

### I. Építésföldtan

A Földtan azon témakörei, melyek az építmények, az építési tevékenység szempontjából lényegesek lehetnek.

### II. Talajmechanika

Az építményekkel közvetlenül érintkező talajok műszaki tulajdonságait, hidraulikai és mechanikai viselkedését leíró ismeretek.

### III. Földsztatika

Az önsúlyuk és/vagy külső erők által terhelt földtömegek egyensúlyával, elmozdulásaival foglalkozó elméletek.

### IV. Alapozás

Az építmények alapozásának és a kapcsolódó mélyépítési munkák tervezési-kivitelezési módszereinek összefoglaló ismeretanyaga.

### V. Földművek

A túlnyomórészt földből készülő létesítményekkel kapcsolatos tervezési építési ismeretek.

### VI. Földalatti műtárgyak

A felszín alá kerülő mérnöki létesítményekkel foglalkozó szakterület.

### VII. A mélyépítés geotechnikai támogatása

A mélyépítési munkák előkészítéséhez, végrehajtásához szükséges helyszíni talajvizsgálatokkal foglalkozó tevékenység

**A főiskolai képzésben a Geotechnika tárgy**

**1.félévében** az (inkább elméleti jellegű) **I-III** témakörök,

**2.félévében** a (gyakorlati jellegű) **IV-VII** ismeretkörök kerülnek sorra.

## **A Geotechnika I. tárgy témakörei**

A tárgy első félévében az alábbi témakörök kerülnek sorra. A csoportosítás egyben a tanulási útmutató szakaszolását is jelenti.

### **A) Földtani alapismeretek**

1. A Föld szerkezete és anyagai
2. Az endogén és exogén folyamatok és hatásaik
3. Vízföldtani alapismeretek
4. Hazánk földtörténete

### **B) A talajok alapvető műszaki tulajdonságai**

1. A talajok fő alkotórészeinek jellemzői
2. A talajalkotók arányai
3. A talajalkotók kapcsolata, a talajszerkezet
4. A talajosztályozás

### **C) A vízmozgások és hatásaik a talajban**

1. Hidraulikai alapismeretek
2. A gravitációs vízmozgás törvényei
3. A szivárgási feladatok modellezése és megoldásai
4. Kapilláris vízmozgás, termoozmózis, elektroozmózis
5. A talajfagyás. A vízmozgás okozta térfogatváltozás

### **D) A talajok viselkedése terhelés hatására**

1. Szilárdságtani alapismeretek
2. A talajok mechanikai viselkedésének sajátosságai
3. A törési állapot és nyírószilárdság vizsgálata
4. A talaj alakváltozásának törvényszerűségei

### **E) Földsztatikai alapfeladatok**

1. A földnyomások típusai, meghatározásának módszerei
2. Rézsűk állékonyságának vizsgálata
3. A síkalapok alatti talajtörés vizsgálata
4. A süllyedések számításának alapvető módszerei

## Irodalom a Geotechnika I. tárgyhoz

### Kötelező irodalom

#### Főiskolai jegyzetek

Szepesházi R.: Geotechnika. SZIF-UNIVERSITAS-jegyzet, Győr, 2001

Szepesházi R.: Geotechnikai példatár I-II.  
J19-666 és 666/a Tankönyvkiadó, Bp. 1991

### Ajánlott irodalom

#### Főiskolai jegyzetek

Papp Z.: Geotechnika I. Földtan-Vízföldtan-Mérnökgeológia  
J19-611, Tankönyvkiadó, Budapest, 1987

Szepesházi R.: Geotechnika II. Talajmechanika  
J19-591, Tankönyvkiadó, Budapest, 1986

#### Szakkönyvek

Kézdi Á.: Talajmechanika I.  
Tankönyvkiadó, Budapest, 1977

Kézdi Á.: Talajmechanika II.  
Tankönyvkiadó, Budapest, 1975

Széchy K.-Varga L.: Alapozás I.  
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1971

### Megjegyzések

- A tanulási útmutató csak a főiskolai jegyzetekre épít.
- A kötelező jegyzetek nélkülözhetetlenek a tanuláshoz.
- Az első kötelező jegyzet, melyre az egyszerűség kedvéért Geotechnika címen hivatkozunk majd, tartalmazza a félév teljes anyagát.
- A második kötelező jegyzetre Példatár címen fogunk utalni, ez kidolgozott, részletesen magyarázott számpéldákat tartalmaz a B, C, D és E témakörökhöz.
- Az ajánlott főiskolai jegyzetek nélkül is megtanulható a tananyag, de a másodikként említett J19-591 jegyzet a főleg a C és D fejezet megértésében sokat segíthet. Erre Talajmechanika néven fogunk hivatkozni.
- Az ajánlott szakkönyveket csak azoknak javasoljuk, akik a tananyagot kissé más szemléletmód alapján is fel akarják dolgozni. A tanulási útmutató ezekre nem fog hivatkozni.

## A félévi hallgatói munka, számonkérések

### ➤ Zárthelyi dolgozatok

- a. A talajok alapvető jellemzőinek számítása
- b. A talajok mechanikai jellemzőinek számítása

Otthoni felkészülés után, melyhez a tanulási útmutató segítséget ad, a félév elején megjelölt időpontokban 45 perc alatt 3, ill. 2 feladatot kell megoldania Ezekhez bármilyen segédeszközt használhat. Mindkét dolgozat egyszer írható meg.

### ➤ Házi feladatok

1. Vízáramlás vizsgálata áramképszerkesztéssel
2. Földnyomás meghatározása szerkesztéses eljárással
3. Rézsúállékonyság vizsgálata súrlódó-körös eljárással
4. A síkalapok teherbírásának számítása

A következőkben mellékelt feladatlaphoz az egyénre szóló kiindulási adatokat a félév elején adjuk ki. A megoldásokhoz a tanulási útmutatóban adunk segítséget. A feladatokat otthon, önálló munkával kell megoldania, de feladatonként legalább egy-egy személyes egyéni konzultációt célszerű beterveznie. A kész munkákat legkésőbb a vizsgán kell beadnia.

### ➤ Írásbeli tesztvizsga

A vizsgaidőszakban egy 25 kérdéses tesztlap kitöltése képezi a vizsga első részét. A kérdések a tájékozottság mellett a mélyebb összefüggéseket is felméri.

### ➤ Szóbeli vizsga

A vizsgán a következőkben mellékelt kérdések közül kettőt kell írásban kb. egy óra alatt vázlatosan, az ábrák és a képletek megadásával kidolgoznia. Ezután ezt bemutatva kell szóban előadnia a válaszokat.

### ➤ Az értékelés módja

A házi feladatok, zárthelyi dolgozatok és a vizsgák eredményét az alábbi pontozással értékeljük:

HF1	5 pont	HF2	5 pont	HF3	5 pont	HF4	15 pont
ZH	10 pont	ZH2	10 pont	ITV	25 pont	SZV	25 pont

A vizsganapon a hallgató az addig elért össz-pontszám alapján az alábbiak szerint kap jegyet:

0 - 49 1 elégtelen 50 - 61 2 elégséges

62 - 73 3 közepes 74 - 85 4 jó 86 - 100 5 jeles

Elégtelen jegy esetén a hallgató utóvizsga-jeggyel meghatározhatja, hogy mely feladatok javításával kívánja érdemjegyét feljavítani. Az utóvizsgára is kell jelentkezni, arra kell behozni a javított HF feladatokat, ott van mód a ZH dolgozatok és az ITV vizsgák újbóli megírására vagy az új SZV feleletre. Egy-egy utóvizsga-jeggyel max. 40 pontnyi feladat javítható. Az utóvizsga végén az addig módosított vagy meghagyott pontszám alapján a hallgató új osztályzatot kap.

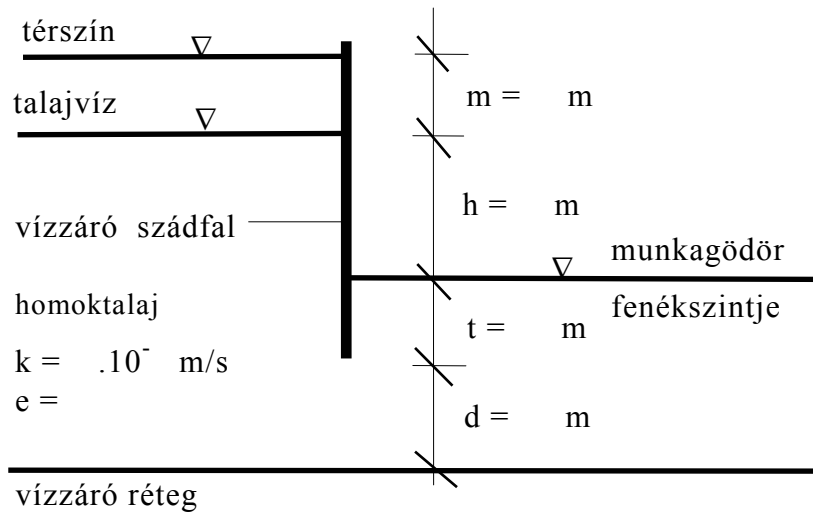
## Házi feladatok

### ⊕ Szádfal körüli vízáramlás vizsgálata

Feladatok:

- áramkép szerkesztése legalább 4 csatornával,
- vízhozamszámítás egy folyóméterre,
- a falra ható víznyomás meghatározása,
- a hidraulikus talajtörés ellenőrzése.

Adatok:

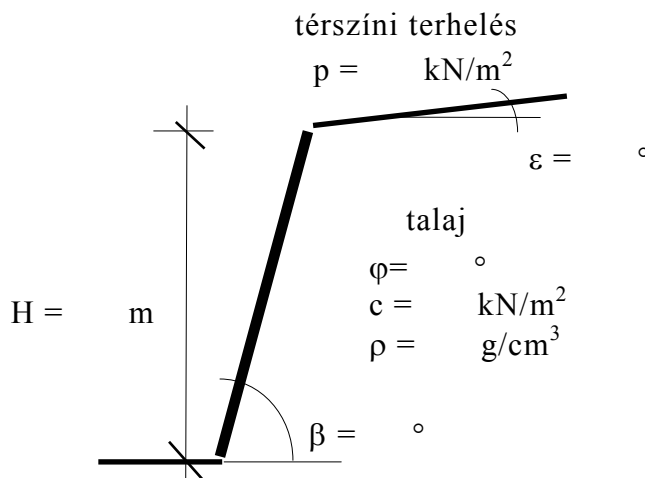


### ⊕ Földnyomásszámítás

Feladat:

- a földnyomási erő nagyságának és helyének meghat.
- a megadott geometriai és talajadottságok esetére
- a földék-elmélet alapján szerkesztéssel,
- legalább 4 csúszólapot felvéve.

Adatok:



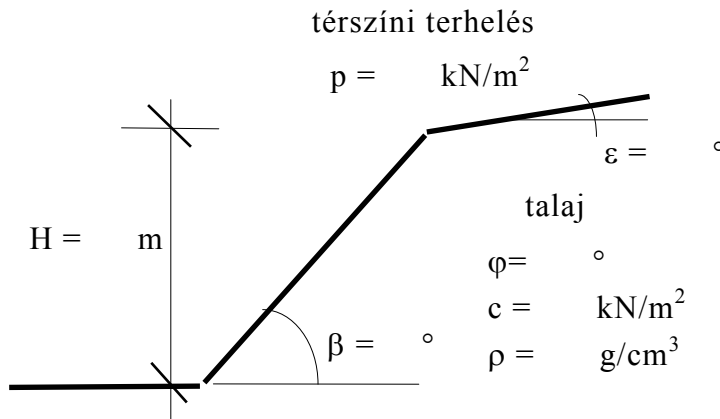


### ⊕ Rézsűállékonyság vizsgálata

Feladat:

a megadott geometriájú és talajadottságú rézsű csúszással szembeni biztonságának meghatározása súrlódó-körös módszerrel egy felvett csúszólapra.

Adatok:

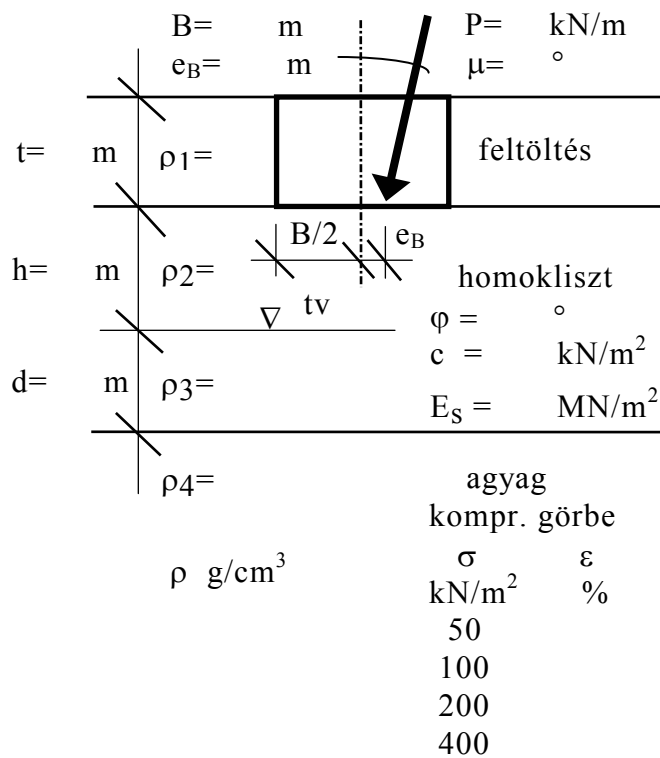


### ⊕ Síkalap méretezése

Feladat:

meghatározandó a vázolt sávalap talajtöréssel szembeni biztonsága és várható süllyedése.

Adatok:



## Vizsgakérdések

1. A Föld szerkezete és alkotói.
2. A Földet alkotó kőzetek rendszere és főbb típusai.
3. A Föld anyagi körfolyamata és az ezt alakító hatások.
4. A földtörténeti korok és hazánk főbb geológiai folyamatainak áttekintése.
5. A felszíni és felszín alatti vizek.
6. A talajban levő víz fizikai és kémiai tulajdonságai és a víz megjelenési formái
7. A talajszemcsék fő jellemzői.
8. A talajalkotók aránya és kapcsolata.
9. A talaj konzisztenciája és szerkezete.
10. A talajok osztályozása (a talajtípus és az állapot megnevezése). A talajok felismerése.
11. Hidraulikai alapok. A vízmozgások típusai, modellezése. Bernoulli és Reynolds eredményei.
12. A szivárgás Darcy-féle törvénye. A csőkötegmodell eredményei. Az áramlási erő.
13. Egydimenziós, síkbeli és tengelyszimmetrikus áramlások matematikai kezelése.
14. A talajok áteresztőképességének meghatározása.
15. A kapilláris vízmozgás. A vízmozgás okozta térfogatváltozás.
16. A talajhőmérséklet változása és a thermoozmózis. A talajfagyás. Az elektroozmózis.
17. A feszültségi és alakváltozási állapot fogalma, megoldása, sajátos példái.
18. A rugalmas és a képlékeny állapot. A Hooke-törvény, a Coulomb-féle törési feltétel.
19. Az alapok által keltett feszültségek számításának elvei, módszerei.
20. A talajban fellépő feszültségek és alakváltozások sajátosságai.

21. A talajok törési állapotának elemzése. A nyírószilárdság mérése.
22. A szemcsés talajok nyírószilárdságának jellemzői. A megfolyósodás.
23. A kötött talajok nyírószilárdságának jellemzői. A kúszás jelensége.
24. A földnyomás fogalma, fajtái, számítási elvei, módszerei. A Rankine-féle földnyomások.
25. A földnyomás meghatározása ékelmélet alapján. A földnyomások támadáspontja.
26. A rézsűcsúszás jelensége. A vizsgálati módszerek áttekintése. A biztonság. A víz szerepe.
27. A súrlódókörös, blokkos és a lamellás módszerek ismertetése.
28. A síkalapok alatti talajtörés jelensége és vizsgálata. A teherbírási képlet.
29. A talajok összenyomódásának időbeli alakulása, a konszolidáció és a kúszás törvénye.
30. A feszültségek és az alakváltozások összefüggése. A kompressziós görbe és közelítései.
31. A talajok alakváltozási jellemzőinek meghatározása ödométeres vizsgálattal.
32. Az alapok süllyedésszámításának elvei és a módszerek áttekintése.



# A

## Építésföldtani alapismeretek

### ✱ Bevezető áttekintés

---

E fejezet

#### **a földtan alapjait, az építés szempontjából leglényegesebb részeit**

tárgyalja. Érdekes, a középiskolai földrajzi tanulmányokból már részben ismert anyagrészeiről van szó. Megtanulása nem okozhat nehézséget, egy-két esténél többet talán nem is kell terveznie rá. Átfogó, természettudományos ismereteket tartalmaz, s ekként - remélhetően - hozzájárul a korszerű építőmérnöki szemléletmód kialakulásához. Szándékunk szerint alapokat ad ahhoz, hogy megértse, illetve majdan helyesen alakítsa az építmény és a természetes környezet kölcsönhatásait. Ez már ma is, de a jövőben - a környezetvédelemi követelmények fokozódásával - még inkább, alapvető elvárás az építőmérnökökkel szemben.

---

Az „elméleti” tananyagot

#### **a Geotechnika jegyzet**

foglalja össze, attól alig térünk el. Kiegészítésként hasznos lehet Papp Z. J19-611 sz. jegyzetének tanulmányozása.

---

Itt a következőkben a tanulást segítő

#### **témavázlatokat**

adunk, melyek főként az áttekintést, a legfontosabb fogalmak kiemelését tartalmazzák.

---

Ezt követően tudásának önálló felméréséhez

#### **ellenőrző kérdéseket**

állítottunk össze. Ezek nem fedik le az egész anyagot, inkább néhány „finomabb” részlet vizsgálatával ellenőrzik az anyag megértését.

---

---

## A.1.

### A Föld szerkezete és anyagai

---

#### \* Témavázlat

---

#### ☒ A Föld gömbhéjas felépítése, a geoszférák

- belső geoszférák

litoszféra = kőzetöv = kéreg (0-35 km, 3,3 g/cm<sup>3</sup>)

felső köpeny (35-410 km)

átmeneti öv

alsó köpeny

köpeny-mag határvonal (2700 - 2900 km)

maghéj

átmeneti zóna

belső mag (5120 - 6370 km)

felszíntől a mag felé

hőmérséklet, nyomás, sűrűség növekedik

belső energiák, izosztázia, geotermikus gradiens

- külső geoszférák

atmoszféra = légkör

tropo-, sztrato-, iono-, termo-, exoszféra

hidroszféra = vízöv

tengerek, tavak, folyóvizek, talajvíz

- kontakt geoszférák

pedoszféra = talajöv

bioszféra = az élet öve

---

#### ☒ A földkéreg elemei

- fő alkotók (a felső 160 km 96,5%-a)

Si	Al	Fe	Mg	Ca	Na	K	O
föld- fémek			alkáli- földfémek		alkáli fé- mek		

---

#### ☒ A földkéreg ásványai

- felépítés

	szerkezet	tulajdonság	alak
A	nincs	izotróp	amorf
B	kristályos	anizotróp	szabályos

- jellemző paraméterek

sűrűség, fajhő, vízfelvétel, hézagosság, időállóság

keményység, rug. mod., törő- és hasítószilárdság,

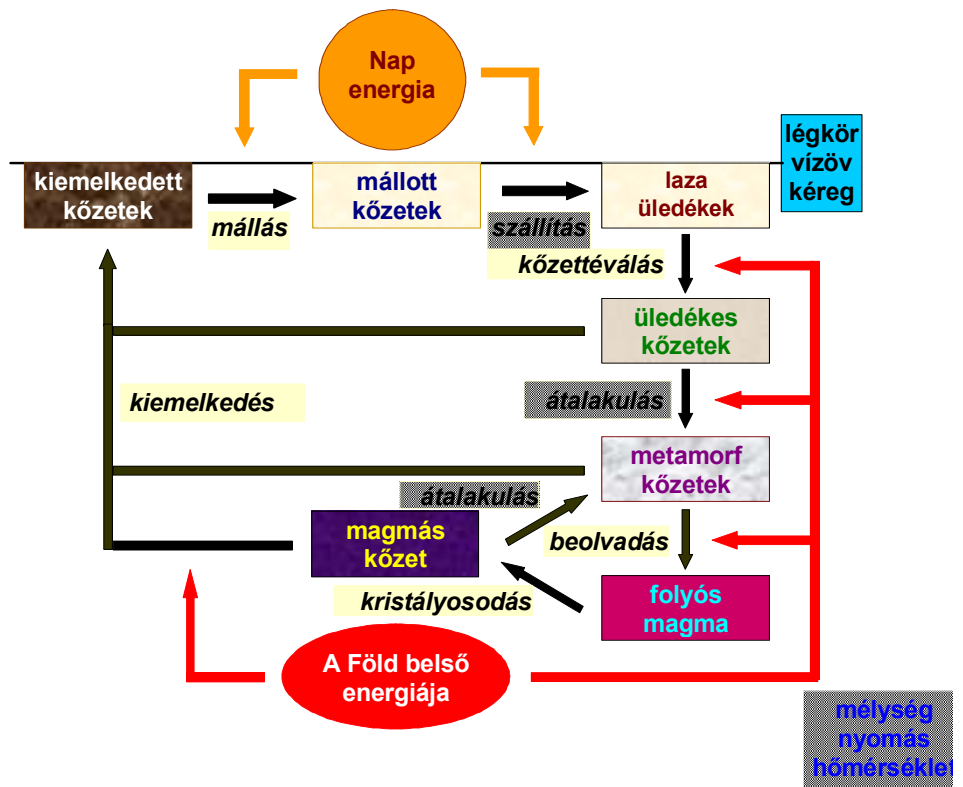
optikai, mágneses és elektromos jellemzők

- meghatározás, azonosítás
  - hagyományos
    - makroszkópos, vegyi összetétel, mikroszkópia
    - újabb
      - röntgen, termikus analízis, elektronmikroszkópia
- fajták

<b>fajta</b>	<b>szerkezet</b>	<b>példa</b>
szilikátok	sziget	olivin
	gyűrű	berill
	lánc	piroxének
	kettős lánc	amfibolok
	réteg	csillámok: muszkovit, biotit agyagásványok: kaolinit, illit, montmorillonit
	térháló	kvarc földpátok: ortoklászok, plagioklászok
oxidok, hidroxidok		kvarc, vasoxidok
szulfidok		galenit, kalkopirit, pirit
szulfátok		gipsz
halogenidek		kősó
karbonátok		kalcit, dolomit
terméselemek		kén, fémek
organikus vegy.		borostyánkő
egyebek		

#### ☒ A földkéreg kőzetei

- kőzetciklus
  - magmás kőzetek keletkezése
    - felfelé mozognak,
    - nyomás, hőmérséklet csökken
    - szilárdulás
    - külső geoszférák hatásai fokozódnak
  - üledékes kőzet keletkezése
    - mállás, szállítás
    - szedimentáció, diagenézis
  - metamorf kőzetek keletkezése
    - süllyedés ⇒ hőmérséklet és nyomás nő
    - szerkezet- és ásványátalakulás
    - átkristályosodás



- tulajdonságok
  - szövet, kopásállóság - mállási hajlam, szilárdság
  - ásványi összetétel, kövületek
  - szerkezet, rétegzettség, porozitás, palásság

- kőzetek rendszere

magmás	mélységi		gránit, szienit, diorit, gabbro
	telér		granitoporfirrit, gabbroporfirrit
	kiömlési		riolit, dácit andezit, bazalt
	tufák		riolittufa, bazalttufa andezittufa
üledékes	törmelékes	laza	görgeteg, kavics, homok, agyag
		összeálló	konglomerátom, breccsa, homokkő, lösz
	kémiai	maradék	márga, mészkő, dolomit
		oldatból kivált	kaolinit, bentonit, bauxit, termőtalaj
	szerves	szén-kőzetek	kőszén, barnaszén, lignit, tőzeg
		szén-hidrogének	földgáz, kőolaj, paraffin, aszfalt
metamorf			gnájsz, csillámpala, fillit, márvány



---

### ✱ Ellenőrző kérdések

---

- Sorolja fel a geoszférákat!
  - Milyen lényeges különbségek vannak a belső és a külső geoszférák mozgásjellemzői között?
  - Melyek a földkéreg leggyakoribb elemei?
  - Mi a lényege a termikus analízisnek?
  - Ismertesse - példákkal együtt - a szilikátok csoportjait!
  - Melyek a köztéciklus legfontosabb folyamatai?
  - Milyen a főbb magmás kőzetek szövete?
  - Mely magmás kőzeteket és milyen tulajdonságaik miatt használ az utépítés?
  - Vázolja fel az üledékes kőzetek rendszerét, és sorolja be a rendszerbe a következő kőzeteket: breccsa, márga, tőzeg!
  - Milyen különbségek vannak a diagenezis és a metamorfózis között?
  - Melyek a löszök fő tulajdonságai?
  - Ismertesse a mészkövek fő jellemzőit!
  - Miből és miként keletkezik a márvány?
-

---

## A.2.

### A földkéreg arculatát formáló erők, hatások

---

#### \* Témavázlat

---

#### ☒ A kéregalakító erők és hatásaik általános jellemzői

- az erők típusai
    - endogén erők
      - a földkéreg belsejéből származó erők
      - a mélyebb geoszférák termikus energia- és anyagáramai indukálják
    - exogén erők
      - a külső geoszférából származó erők
      - a napenergia indukálja
  - hatásaik
    - kőzetképződés
      - magmakristályosodás
      - mállás
      - üledékképződés
      - metamorfózis
    - felszíni formációk
      - gyarapodás - egyensúly megbontása
        - gyűrődés, törés, vulkán, feltöltődések
        - hegységképződés, medencefeltöltődés
      - lepusztulás - kiegyenlítődé
        - mállás, elszállítás, gravitációs mozgás
        - völgyek, medencék, tanúhegyek
  - időbeliség
    - evolúciós szakaszok
    - revolúciós szakaszok
- 

#### ☒ Endogén erők és hatásaik

- lemeztektonika
  - nagyszerkezeti változások
  - 6 nagy és 20 kisebb tábla (70-150 km vastagság)
  - jelenségek
    - óceáni aljzat szétterülése,
    - alátolódás
    - ütközés
    - törésrendszerek

- gyűrődéses átalakulások
    - vízszintes nyomóerők hatása
    - részei
      - nyereg (antiklinális)
      - teknő (szinklinális)
    - a redő továbbfejlődése
      - redő - vetődés - takaróredő
  - töréses átalakulások
    - okok
      - vízszintes nyomó vagy húzóerők
      - kifelé ható nyomó- és befelé ható súlyerő
    - mozgás mértéke
      - repedés (litoklázis) - folytonossági hiány
      - törés - elmozdulás
    - elmozdulás iránya szerinti típusok
      - valódi vetődés - kétirányú mozgás kétoldalt
      - feltolódás - egyik oldal feltolódik
      - eltolódás - vízszintes irányú elmozdulás
    - vetődések eredménye
      - lépcsők, sasbércek, árkok
  - földrengések
    - fogalma
      - energiafelszabadulás, hullámterjedés,
      - földmozgások, károk
    - eredete
      - tektonikus, vulkanikus,
      - beomlásos, mesterséges
    - jellemzők
      - helye
        - epicentrum - hipocentrum
      - mélység
        - sekély-, közepes- és mélyfészű
      - hullámfajták
        - P - primer - longitudinális - sűrűsödés
        - S - szecunder - transzverzális - nyírás
        - L - hosszú - felszíni
    - erősségi skálák
      - Mercalli-Cancani-Sieberg
      - 12 fokozat az érzékelhető hatások alapján
    - észlelés, előrejelzés
      - szeizmográf,
      - deformációk, karsztvíz, tengerrengés
      - statisztikai adatok, szeizmicitási térképek
  - vulkáni tevékenység
    - a forró, olvadt magma a felszínre tör
    - földrengések, gázkitörések kísérik
-

---

## ☒ Exogén erők és hatásai

### - hatások

#### mállás

fizikai mállás - aprózódás

repszés, mobilizálás

kémiai mállás - ásványok átalakulása

agyagásványok képződése, karsztosodás

#### szállítás

szelektálás, koptatás, vegyi átalakulás

a szállító közeg és a szállítási úthossz

### - víz

#### csapadék

mállás, erózió

#### vízfolyások

felső szakasz: hordalékképzés, medermélyítés

középső szakasz: egyensúly, medervándorlás

alsó szakasz: hordaléklerakás, szigetépítés

#### állóvizek

partbontás - abrázió

üledékképzés - parttól távolodva finomodik

### - hó és jég

#### mállás

repszó hatás

#### gleccserek

moréna - lejtőtörmelék képzése

#### jégkorszaki jelenségek

terhelés, talajfolyás

### - hőmérsékletváltozások

#### mállás

repedésképződés egyenetlen hőtágulás miatt

#### talajképződés

### - szél

#### pusztító hatás - defláció

tanúhegy, plató, szélbarázda, gombakő

#### építő hatás - eolikus akkumuláció

futó homok (-dűne, -bucka, -gerinc, -fodor)

löss

száraz térszíni, futóhomokos, infúziós

### - gravitációs felszínmozgások

a lejtők anyagának nyírési ellenállása kisebb, mint

a lejtők súlyából származó csúsztató erő

#### okai

az ellenállás csökkenése

klimatikus hatások, víz

csúsztató erő növekedése

lejtő aláágása, áramló v. hullámzó víz

- típusai
- omlás
    - szilárd közettömbök gyors letörése
  - rogyás
    - rétegzett talajban gyors leszakadás
    - meredek csúszólapon a víznyomás miatt
  - suvadás
    - agyagban elhúzódo mozgás
    - görbe csúszólapon, felül lépcsővel
  - rétegcúsúsás
    - réteghatáron lassú lecsúszás
  - kúszás
    - agyagban nagyon lassú elmozdulás
    - esetleg csak időszakosan
  - folyás
    - puha agyag, folyós homok, kőanyag
    - lefolyása felszínközeli csúszólapon
  - növényzet
    - mállás
      - repszto hatás
      - kémiai hatások
    - vízháztartás befolyásolása
      - párologtatás
    - szerves üledékek
  - emberi tevékenység
    - közvetlen hatások
      - felszínátalakítás, bányászat, építés,
      - növényzetalakítás, vízkivétel, öntözés
    - másodlagos hatások
      - az előbbiekt által kiváltott hatások
- 

### ✿ Ellenőrző kérdések

---

- Definiálja és sorolja fel az endogén és az exogén erőket!
  - Melyek a kéregalakító erők munkájának eredményei?
  - Vázolja a gyűrődéses és a töréses formákat!
  - Vázolja a mállási folyamatokat rámutatva az exogén erők szerepére!
  - Miként változik a meder az egyes folyószakaszokon?
  - Milyen kéregalakító szerepe van a szélnek?
  - Milyen lejtőmozgási formákat ismer?
  - Mit jelentenek a következő fogalmak:
    - lemeztektonika, hipocentrum, defláció, antiklinális,
    - litoklázis, abrázió, longitudinális hullám, erózió,
    - moréna, infúziós lösz, ?
-

---

### A.3.

## Vízföldtani alapismeretek

---

### ✿ Témavázlat

---

#### ☒ Hidrológiai alapok

- vízkészlet
  - világóceán (97,2%)      felszíni vizek (2,2%)
  - felszín alatti vizek (0,6%)      légkör vízkészlete
- csapadék
  - keletkezése
  - típusai
    - eső (jég-, havas-, ónos-), hó, jégdara,
    - harmat, dér, talajharmat, zúzmara
  - térbeli és időbeli eloszlás
  - éghajlati hatások, óceántól való távolság,
  - tengerszint feletti magasság
- párolgás
  - fajtái
    - evaporáció - szabad víz és talajfelszín
    - transpiráció - növények párologtatása
    - evapotranspiráció - növények és talaj együtt
  - mértéke a csapadék arányában területileg változó
- felszíni vizek
  - óceánok, tengerek, tavak, belvizek, jég,
  - felszínen lefolyó vizek, folyók, források
- felszín alatti vizek
  - szerkezeti víz, kötött víz, talajpára,
  - talajvíz, karsztvíz, rétegvíz,
- hidrológiai ciklus



---

## ☒ A talajvíz jellemzői, típusai

- fogalma
  - első vízzáró réteg felett - felszínén légköri nyomás
- nyomásviszonyok
  - szabad (nyílt) víztükrű
  - nyomás alatti (zárt) víztükrű
- geometriai alak
  - kiterjedt felszín, vízdóm, lebegő- és általajvíz
  - talajvíztavak, talajvízfolyók
  - domborzat követése
- évi vízjárás jellege
  - óceáni
  - kontinentális
- vízjárást befolyásoló hatások szerint
  - zavartalan (szabályos)
  - természetes hatások által befolyásolt
  - mesterséges hatások által befolyásolt
- dinamikus vízszint helyzete és mozgása szerint
  - 1 m-ig csapadékból közvetlenül táplálkozik
  - szabálytalan, erősen ingadozó vízjárás
  - 1-5 m beszivárgás-párolgás-áramlás egyensúlya
  - szabályos menetgörbe
  - 5-7 m párolgásnak nincs szerepe
  - beszivárgás-áramlás egyensúlya
  - 7 m-től beszivárgás is jelentéktelen
  - állandó vízszint
- agresszivitás
  - hatások az építőanyagokra
  - oldódás - cserebomlás - duzzadás
  - szulfácion duzzasztó hatása a legveszélyesebb
  - agresszivitási kategóriák
  - védekezési elvek

---

## ☒ A talajvízjárás

- befolyásoló tényezők
  - csapadék, párolgás (hőmérséklet)
  - el- és hozzáfolyás
  - természetes és mesterséges hatások miatti
- évi menetgörbe zavartalan, kontinentális talajvíznél
  - március- áprilisi maximum
  - őszi-téli csapadék beszivárgása
  - őszi-téli párolgás elhanyagolható
  - szeptember- októberi minimum
  - tavaszi-nyári párolgás miatt
- vízzjáték
  - átlag 70-90 cm, max. 200-230 cm
  - mélységtől, talajfajtától függően
- természetes módosító hatások

- folyók
  - talajvízhez közvetlenül kapcsolódó folyó táplálás-csapolás váltakozhat
  - gyors ingadozás
  - talajfajta szerepe
  - talajvíz a vízzáró medrű folyó felett
  - állandó táplálás
  - talajvíz a (lebegő medrű) folyó alatt
  - ritka
- állóvizek
  - folyókhoz hasonlóan kisebb ingadozással
  - növényzet változása
  - változó transpiráció
- mesterséges módosító hatások
- tározók
  - duzzasztás - talajvízszint növekedése
- öntözés
  - időben és mértékében eltolódó vízjárás
  - arányos emelkedés „rendes” ingadozással
  - folyamatos emelkedés „kicsi” ingadozással
- vízkiemelés
  - víznyerés, bányászat, építkezés miatt
  - szennyvízszikkasztás
  - csatornázás hiánya miatti emelkedés
  - beépítés, burkolás
  - fedettséggel csökkenő párolgás - emelkedés
- észlelés, előrejelzés
  - megfigyelőkút, ásott kút, pince, feltáró fúrás
  - értékelés, feldolgozás statisztikai módszerekkel
  - észlelt v. becsült maximum + biztonság
  - biztonság vízjátéktól függően, min. 50 cm
  - számítási módszer: lásd Példatár 4.7. fejezet

#### Egyéb felszín alatti vizek

- rétegvíz
  - fogalma
    - vízzáró réteg alatt
    - víztest felszíne feletti piezometrikus szint
  - nyomásviszonyok
    - negatív = nyomásszint < terepszint
    - pozitív = nyomásszint > terepszint (artézi víz)
  - hőfok
    - hideg - termális (37° határral)
  - összetétel
    - egyszerű - ásványvíz - gyógyvíz
  - hatása
    - felszínmozgásokat válthat ki



- karsztvíz
    - fogalma
      - karsztosodó kőzetek (mészkö, dolomit, gipsz, kősó) hasadékaiban, üregeiben gravitációs víz
    - típusai
      - nyílt - fedett
      - leszálló - támaszkodó - kibukkanó
      - szabadszintű - leszorított - megemelt
      - sekély - mély
    - hazai karsztvíz
      - kitermelés bányászat miatt
      - érzékeny - védelmet igényel
  - források
    - részei
      - vízgyűjtő terület
      - vízszállító közeg
      - forráskilépés
    - típusai
      - leszálló - átbukó - felszálló
- 

### ✿ Ellenőrző kérdések

---

- Miként változik a talajvízszint ingadozása és a vízszintet befolyásoló tényezők súlya a mélységtől függően?
  - Melyek a szabályos, kontinentális talajvíz évi menetgörbéjének jellegzetességei?
  - Sorolja fel azokat a természetes és mesterséges tényezőket, melyek a talajvízjárást befolyásolhatják!
  - Milyen úton juthat vissza a légkörbe a felszínre hullott csapadék?
  - Milyen okok miatt csökken nyáron és emelkedik télen a talajvízszint?
  - Rajzoljon fel olyan földtani adottságokat, melyek vízdóm, víz alatti folyó ill. tó kialakulásához vezethetnek!
  - A talajvíz melyik ionja eredményezheti a legveszélyesebb agresszivitást?
  - Mi az artézi víz?
  - Milyen karsztvíz-típusokat ismer?
  - Mit értünk negatív nyomású rétegvízen?
  - Mekkora talajvízszintet indokolt feltételezni egy épülő létesítmény élettartamára?
-

---

## A.4.

### Hazánk földtani jellemzői

---

#### ✿ Témavázlat

---

##### ☒ Földtani korok áttekintése

- őskor = archaikum
  - 4600 millió évtől -570 millió évig
  - az első élőlények
  - az ósóceán és az őskontinens kialakulása
  - az első hegységképződések
- ókor = paleozoikum
  - 570 millió évtől -235 millió évig
  - éővilág:
    - korallóktól az első hüllőig
  - ókor végére: Pangea őskontinens körül
  - Panthalassza ósóceán
- kambrium
  - lepusztulás, üledékképződés
- szilur
  - Kaledóniai hegységképződés
- devon
  - őstengeri meszes üledékek
- karbon
  - kőszéntelegek
  - Variszkuszi hegységképződés
- perm
  - sivatagi homokkő képződés
- középkor = mezozoikum
  - 235 millió évtől -67 millió évig
  - éővilág
    - elején őshüllők, ősmadarak
    - végére kipusztulnak
    - tülevelűektől a lombos fáig
  - jelenlegi kontinensek és óceánok kialakulása
  - Európában a Thetisz-tenger meghatározó
- triász
  - mésző és dolomit üledékek
- jura
  - mésző a tengerben és kőszén a partokon
  - Pacifikus-hegységrendszer kezdete
- kréta
  - mésző, kőszén
  - Eurázsiai-hegységrendszer kezdete

- újkor = kainozoikum
    - 67 millió évtől -2,5 millió évig
  - harmadkor = terciér (eocéntól pliocénig)
    - 2,5 millió évtől
  - negyedkor = quarter (pleisztocén és holocén)
    - háziállatok őseitől a mai élővilágig
    - általában meleg időszakok
    - elejére a mai kontinens- és hegységrendszer
  - eocén
    - tengerek, vulkánosság
    - márga, barnaköszételepek
  - oligocén
    - tenger
    - márga, agyag, homokkő
  - miocén
    - jelentős vulkánosság majd tenger
    - andezit, bazalt, agyagok, mészkő
    - az utolsó hegységképződések fő időszaka
  - pliocén
    - Pannon-tenger ill. vulkánok
    - változatos kőzetképződés
  - pleisztocén
    - eljegesedés az északi féltekén
    - nagy lösztömegek
    - exogén folyamatok
  - holocén
    - jelen időszak
    - meghatározó a folyók szerepe
- 

#### ☒ Magyarország földtani szerkezete

- földtani tájegységek
  - Kárpát medence része
  - hegységek
  - alföldek, medencék
- földtani nagyszerkezete (Geotechnika 1.10. ábra)
  - alaphegység
    - ó- és középkori képződmények
    - az újkori képződmények alapja
    - kevés a felszínen, nagyrészt a felszín alatt
    - fő törésrendszer ÉK-DNy - haránttörések
  - fedőképződmények
    - az alaphegységre települt újkori alakulatok
    - elkülönülnek, kiemelkednek
  - medencealakulatok
    - az alaphegység medencéit kitöltő
    - újkori képződmények
- Magyarország összefoglaló földtani térképe
  - felszíni képződmények (Geotechnika 1.11. ábra)

---

## ☒ Magyarország földtörténetének áttekintése

### - ókor

csak lepusztult hegységmaradványok maradtak  
az alaphegység kb. felét képezi  
felszínen kevés

### - devon

mészkö, dolomit  
Vashegy, Polgárdi, Észak-Borsod

### - karbon

mészkö  
Polgárdi, Bükk-hegység

### - perm

vörös homokkő  
(ez a legjelentősebb az ókorból)  
Balaton-felvidék, Mecsek

### - középkor

Thetisz-tenger változó helyeken  
valamennyi kor rétegsora megtalálható  
az alaphegység felét adja  
felszínen a hegységekben

### - triász

mészkö, dolomit, márga  
Bakony, Bükk, Mecsek, Aggtelek

### - jura

mészkö, kőszén  
Bakony, Gerecse, Mecsek

### - kréta

mészkö, agyag, márga, bauxit,  
Dunántúli-középhegység, Mecsek

### - harmadkor

általában sekély tenger borított  
hegységek szigeteket alkottak  
ezek partjain vastag üledékek  
vulkánosság miocénban és pliocénban

### - eocén

agyag, breccsa, márga, mészkö  
Vértes, Nógrád  
barnaszén  
Tatabánya, Oroszlány

### - oligocén

hasonló az eocénhez és  
hárshegyi homokkő és kiscelli agyag (Bp.)

### - miocén

vulkánok nyomán alakul ki a fő törésrendszer  
tengerelöntés  
agyag, mészkö, kőszén  
Nógrád, Fertőrákos, Budapest

- pliocén
    - Pannon-tenger nyomán a hegységek peremén
    - vastag üledékek
    - homokos agyag és lignit
    - végén bazalt vulkánok
    - Balaton-felvidék, Nógrád
  - negyedkor
    - szárazföldi viszonyok
    - üledékképződés a jellemző
  - pleisztocén
    - jégkorszaki lösz
    - Dunántúli medence és Alföld
    - futó homok
    - Alföld
    - durva folyami hordalékok, homokos kavics
    - Kisalföld
  - holocén
    - futó homok, folyami hordalékok
    - öntéstalajok
    - tőzegek
- 

#### ✱ Ellenőrző kérdések

---

- Ismertesse a földtörténeti korokat!
  - Részletezze az újkor időszakait!
  - Mikor és milyen folyamat keretében alakultak ki a mai kontinensek?
  - Melyik földtörténeti korra volt a legjellemzőbb a mészkő-képződés?
  - Mi jellemzi Magyarország alaphegységét?
  - Mikor borította hazánk egy részét a Thétisz-tenger?
  - Mikor és hol keletkezett a permi homokkő, a kiscelli agyag?
  - Hol található és mi jellemzi a pannon üledékeket ?
  - Mikor és hol volt utoljára jelentős vulkáni tevékenység Magyarországon területén?
  - Milyen képződmények keletkeztek hazánk területén a pleisztocénban?
-



## B

### A talajok alapvető műszaki tulajdonságai

#### ✱ Bevezető áttekintés

---

E témakör

##### a talajmechanika alapjait

foglalja össze, a geotechnika „egyszeregyét” jelenti. Viszonylag könnyen elsajátítható ismeretekről van szó, viszont a tananyag minden további része ezek biztos tudását feltételezi, ezért szánjon elég időt megtanulására!

---

A témakörből

##### zárthelyi dolgozatot

is kell írnia, amihez nem elégséges az elméleti ismeretek elsajátítása, hanem számpéldákkal is kell foglalkoznia.

---

Az „elméleti” tananyagot teljes egészében

##### a Geotechnika

sajátíthatja el, de célszerű a kézbe venni .

##### Talajmechanika jegyzet 2. fejezetét is.

---

Itt a következőkben

##### témavázlatokat

adunk, melyek főként az áttekintést segítik.

---

Ezt követően tudásának felméréséhez

##### ellenőrző kérdéseket

állítottunk össze, melyek elsősorban a megértést vizsgálják.

---

Kidolgozott példákat talál

##### a Példatár I. kötetének 1. fejezetében,

melyeken keresztül megismerheti a megoldások metodikáját.

---

Az útmutatóban az önálló gyakorláshoz még olyan

##### gyakorló példákat

is adunk, melyeket korábban a nappali tagozatos hallgatóknak kellett zárthelyi dolgozatban megoldaniuk, s amelyhez hasonlóknak várnak Önre is, illetve az itt közölt példákból egy (változtatás nélkül) szerepel majd a dolgozatban.

---

---

## B.1.

### A talajalkotók fő tulajdonságai

---

#### \* Témavázlat

---

##### ☒ A talajok felépítése

- alkotórészek
    - szemcsék - szilárd fázis
    - víz - folyékony fázis
    - levegő - légnemű fázis
    - egyéb alkotórészek
      - szerves anyagok
      - mész vagy más kötőanyagok
  - a többfázisú rendszer jellemzőit meghatározzák az alkotók saját tulajdonságai
  - az alkotók mennyiségi arányai
  - az alkotók kapcsolata, a szerkezet
- 

##### ☒ A szemcsék tulajdonságai

- szemcseméret
  - névleges átmérő
    - „nagy” szemcséknél
      - a szita lyukbőssége, melyen még átesett
    - „kis” szemcséknél
      - folyadékban azonos sebességgel
      - üledő (azonos anyagú) gömb átmérője

frakciók

görgöteg kavics homok hliszt iszap agyag

d [mm]	200	2	0,1	0,02	0,002
--------	-----	---	-----	------	-------

szemeloszlás

szemcsék, ill. frakciók súlyaránya

a szemcseösszetétel jellemzése

szemeloszlási görbék

definíciója

valamely d átmérőnél kisebb szemcsék  
súlyszázaléka

lásd a következő oldali ábrát

számszerű paraméterek

százalékos összetétel K, H, H1, I, A%

egyenlőtlenségi mutató  $U = d_{60} / d_{10}$

mértékadó átmérő  $d_m$

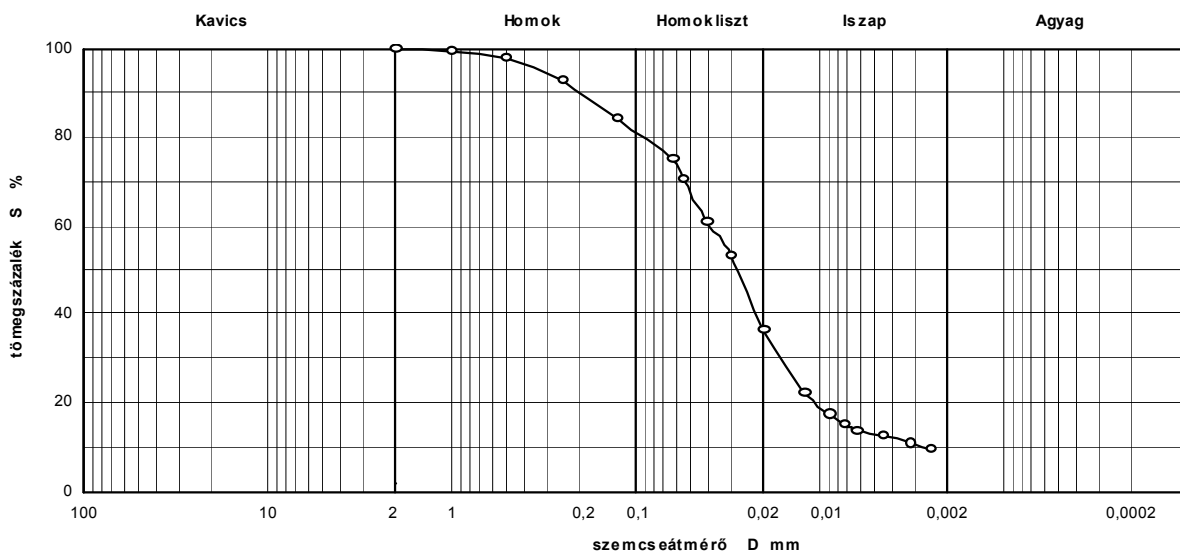
hatékony átmérő  $d_h \cong d_{10}$

szemeloszlás vizsgálata

szitálás vagy hidrometrálás



szitálási eredmények	D mm	25,0	20,0	12,5	8,0	4,0	2,0	1,0	0,50	0,25	0,125	0,063	
	S %						100	99,3	97,7	92,8	83,8	75,0	
hidrometrálási eredmények	D mm	0,0500	0,0410	0,0300	0,0200	0,0120	0,0088	0,0073	0,0063	0,0045	0,0032	0,0025	
	S %	70,5	60,8	53,2	36,6	22	17,4	14,9	13,6	12,3	10,6	9,2	
jellemző paraméterek	frakciók %aránya	H	H	I	A	egyenl. mutató	U	gömbülési mutató	C	mértékadó átmérő	D <sub>n</sub> átmérő	hátékony átmérő	D <sub>n</sub> átmérő
		19	44	28	9		13		2,4		0,0300		0,0030



- anyagi összetétel
  - kavics kőzettörmelék, kvarc
  - homok kvarc
  - agyag agyagásványok
- jelentősége
  - agyagokban kapcsolódás a vízhez, egymáshoz
  - elektrosztatikus erőkkel
- szemcsealak
  - geometriai forma
    - zömök - lemezes - hosszúkás - tűszerű
  - felületi érdesség
    - éles - érdes - legömbölyödött - sima
- sűrűség
  - mérése
    - piknométeres módszer - ritkán
  - felvehető értéke
    - 2,65 - 2,75 g/cm<sup>3</sup>
- fajlagos felület
  - definíciója
    - szélsőséges értékei
      - kavics 1 cm<sup>2</sup>/g
      - agyag 1 millió cm<sup>2</sup>/g
  - jelentősége
    - a felületi erők szerepe nő

---

## ☒ A víz tulajdonságai és megjelenési formái

- fizikai tulajdonságok
    - összenyomhatatlan
    - viszkozitása Newton-törvénye szerint
    - felületi feszültség - kapillaritás
      - csőátmérővel fordítottan arányos
      - jelenségek változó csőben
    - halmazállapot-változások
    - nyomás - hőmérséklet szerepe
  - kémiai tulajdonságok
    - dipólus jelleg
    - oka
    - következménye: hidratáció
    - disszociáció - pH
    - elektrolit - koncentráció
  - megjelenési formák a talajban
    - szabad víz
    - kapillárisan kötött víz
      - nyílt és zárt tartományok
      - szeglet- és függővíz
    - kémiaileg kötött víz
      - hidrátburok
      - szolvátvíz
      - szerkezeti víz
- 

## ✱ Ellenőrző kérdések

---

- Mi egy 0,06 mm átmérőjű szemcse neve?
  - Mit mutat meg a szemeloszlási görbe?
  - Milyen lehet annak a talajnak a szemeloszlási görbéje, amelynek egyenlőtlenségi mutatója 1?
  - Melyik agyagásványfajta kölcsönzi a legkellemetlenebb műszaki tulajdonságokat a talajoknak?
  - Kb. mekkora a talajok hatékony szemcseátmérője?
  - A víz melyik tulajdonságából következik az a tény, hogy a nyugvó vízben a nyomás merőleges a nyomott felületre?
  - Milyen hatásmechanizmus „tartja meg” a szegletvizet, és milyen hatást gyakorol ez a szemcsékre?
  - Mi az oka és a következménye a dipólushatásnak?
  - Mekkora lehet egy „erősen” savas víz pH értéke?
  - Sorolja fel a talajban levő víz megjelenési formáit!
  - Mi az izzítási veszteség?
-

---

### ✿ Mintapéldák a Példatárból

---

- ◆ Az 1.1. példát a vizsgálat módszereire és az eredmények ábrázolására koncentrálni tekintse át!
  - ◆ Az 1.2. példa a leglényegesebb. Előbb próbálja önállóan megoldani, csak utána nézze meg a Példatár válaszait!
  - ◆ Az 1.3. példát, mely a talajkeverésről szól, olvassa át, értesse meg, de önállóan most nem kell ilyen feladatot megoldania!
  - ◆ Az 1.4. példát csak az elmélyedni akaróknak ajánljuk.
- 

### ✿ Gyakorló feladatok

---

0 Egy szemeloszlási vizsgálat eredményeként az alábbi összetartozó szemcseátmérő - tömegszázalék adatokat kapták:

d [mm]	10	5	2	1	0,5	0,25	0,1	0,05	0,02	0,01	0,005
S [%]	95	90	82	73	60	51	32	22	14	10	5

- ábrázolja a talaj szemeloszlási görbét,
  - adja meg az frakciók mennyiségét,
  - számítsa ki az egyenlőtlenségi mutatóját,
  - jellemezze a talaj összetételét,
  - vázolja, milyenek lehetnek a tulajdonságai!
-

---

## B.2.

### A talajalkotók arányai

---

#### \* Témavázlat

---

##### ☒ Az alkotók egymáshoz viszonyított arányai

- víztartalom	$w$	
	víz tömege / szemcsék tömege	$m_v/m_s$
- hézagtenyező	$e$	
	hézagok térfogata / szemcsék térfogata	$V_v/V_s$
- telítettség	$S_r$	
	víz térfogata / hézagok térfogata	$V_v/V_h$

---

##### ☒ Az alkotók térfogatának aránya a teljes térfogathoz

- szemcsetérfogat	$s$	
	szemcsék térfogata / össztérfogat	$V_s/V$
- hézagtérfogat	$n$	
	hézagok térfogata / össztérfogat	$V_h/V$
- víztérfogat	$v$	
	víz térfogata / össztérfogat	$V_v/V$
- levegőtérfogat	$l$	
	levegő térfogata / össztérfogat	$V_l/V$

---

##### ☒ Térfogatsűrűségek

- természetes	$\rho_n$	
	a talaj teljes tömege / össztérfogat	$m_n/V$
- száraz	$\rho_d$	
	a talaj száraz tömege / össztérfogat	$m_d/V$
- telített	$\rho_t$	
	a talaj teljes tömege / össztérfogat	$m_t/V$
- víz alatti	$\rho'$	
	telített térfogatsűrűség - vízsűrűség	$\rho_t - \rho_v$

---

##### ☒ Összefüggéseik felírása

a Geotechnika jegyzet 2.3. segédábrája segítségével  
a definíciókból kiindulva

(tilos megtanulni!)

---

##### ☒ Meghatározásuk mérhető mennyiségekből

- mérhető: nedves tömeg - száraz tömeg - térfogat
- ismert: az alkotók (szemcse, víz, levegő) sűrűsége
- képletek: a 2.3. segédábrák segítségével  
a definíciókból kiindulva

(tilos megtanulni!)

---

---

### ✿ Ellenőrző kérdések

---

- Mi a különbség a hézagtényező és a hézagterfogat között?
  - Melyik jellemző nem változik, ha a talajt „csak” tömörítjük vagy lazítjuk?
  - Milyen határok között változhat a telítettség?
  - Mutassa be a lehetséges egyenlőtlenéseget egy talajminta természetes, száraz és telített térfogatsűrűségeire!
  - Írja fel a hézagtényező, a víztartalom és a telítettség közötti összefüggést!
  - Írja fel a természetes térfogatsűrűséget a hézagtényező, a víztartalom és a telítettség segítségével!
  - Miként kapjuk a természetes térfogatsűrűség képletéből a száraz és a telített térfogatsűrűséget?
  - Hogyan számíthatjuk ki a mérhető mennyiségekből a hézagtényezőt és a telítettséget?
- 

### ✿ Mintapéldák a Példatárból

---

- ◆ Az 1.7. példa az előbbieken definiált talajparaméterek mért adatokból történő számítását mutatja be. Először próbálja önállóan megoldani, utána nézze meg a Példatár eredményeit!
  - ◆ Az 1.13. példa a talajkeverésről szól. Olvassa át, próbálja jól megérteni!
  - ◆ Az 1.14. példa hasonló az előbbihez. Próbálja meg egyedül a megoldást, de ha nem megy gyorsan tanulmányozza át a Példatár javaslatát!
- 

### ✿ Gyakorló feladatok

---

- 0 Egy gyűrűben levő talajminta átmérője 7.5 cm, magassága 2 cm. A belőle kinyomott talajminta tömege 168,25 g, ami kiszáritás után 139,48 g-ra csökken. A talaj szemcsesűrűsége 2,7 g/cm<sup>3</sup>-re vehető. Adjuk meg a talaj állapotjellemzőit és térfogatsűrűségeit!
- 0 100 m<sup>3</sup>  $\rho_n=1,9$  kN/m<sup>3</sup> és  $\rho_d=1,6$  kN/m<sup>3</sup> jellemzőjű kavicsot valamint 80 m<sup>3</sup>  $\rho_n=1,8$  kN/m<sup>3</sup> és  $\rho_d=1,5$  kN/m<sup>3</sup> jellemzőjű homokot összekevernek. Mekkora térfogatra tömörítve lesz  $e=0,5$  a hézagtényezője és mekkora lesz a keverék víztartalma?
-

---

### B.3.

## A talajalkotók kapcsolata, a talajszerkezet

---

### \*Témavázlat

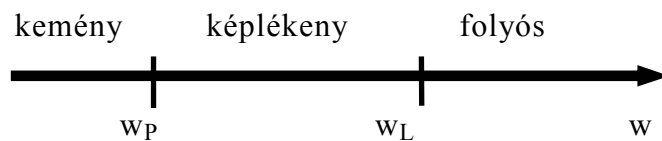
---

#### ☒ Az alkotórészek kapcsolata

- kavicszemcsék kapcsolata  
közvetlen érintkezésnél normál és súrlódási erők  
a szemcsék folyási határát elérő feszültség  
a víz szerepe alárendelt  
csak a szegletvíz összehúzó ereje
  - agyagszemcsék kapcsolata  
diszpergált vagy koagulált  
érintkezés?  
elektrosztatikus vonzás vagy taszítás  
adszorpciós komplexum  
fémionok - hidrátburkok
- 

#### ☒ A kötött talajok konzisztenciája

- a konzisztencia definíciója  
az anyagi összetartás mértéke
- a konzisztencia változása a víztartalommal



- konzisztenciahatárok  
sodrasi határ  
értelme: képlékeny és kemény állapot határa  
gyakorlati tartalma: ezen jól megmunkálható  
meghatározása: sodrasi vizsgálat
- folyási határ  
értelme: képlékeny és folyós állapot határa  
gyakorlati tartalma: ~10°-os lejtőn lefolyik  
meghatározása: Casagrande készülékkel
- plasztikus index

$$I_p = w_L - w_p$$

értelme

a képlékeny tartomány terjedelme

kis  $I_p$ - vízérzékenység

nagy  $I_p$ - nagy vízfelvevőképesség

jelentősége

talajosztályozás alapja

---

---

### ☒ A talajok szerkezete

- szemcsés talajok
    - vázszerkezet
    - következményei
      - csekély összenyomhatóság, vibrációs tömörítés,
      - súrlódási ellenállás, nagy vízáteresztőképesség
  - agyagok
    - sejtszerk. - diszpergált szerk. - pehelyszerk.
    - következményei
      - jelentős összenyomhatóság, gyúró tömörítés,
      - kohéziós ellenállás, kicsi vízáteresztőképesség
  - vegyes és átmeneti talajok
    - szemcseösszetétel szerepe
    - „kitöltött váz” - „úszó durvább szemcsék”
  - egyéb hatások
    - szerves anyagok - kötések
    - másodlagos szerkezet - harnisok - repedések
- 

### ✿ Ellenőrző kérdések

---

- Milyen szerepet játszik a víz a szemcsék kapcsolatában?
  - Milyen tulajdonságbeli különbségek adódnak a szemcsés és az agyag talajok szerkezetének különbözőségéből?
  - Definiálja egyetlen mondattal a sodrási határt!
  - Mit fejez ki a plasztikus index?
- 

### ✿ Mintapéldák a Példatárból

---

- ◆ Az 1.5. példa a konzisztenciahatárok meghatározását mutatja be. Olvassa át!
-

---

## B.4.

### A talajok osztályozása

---

#### \* Témavázlat

---

##### ☒ A talajok megnevezése (azonosítása)

- szemcsés talajok  
szemeloszlás alapján

Magyar Szabvány: „jelzős főfrakció”

név: a legnagyobb frakció neve

jelző: K, H, HI 20% felett

I, A 10% felett

nemzetközi gyakorlat:  $\Delta$ -diagramm

- kötött talajok  
konzisztenciahatárok alapján

Magyar Szabvány: 

plasztikus index	
10-15 iszap	15-20 sovány agyag
20-30 közepes agyag	30- kövér agyag

nemzetközi gyakorlat: képlékenységi diagram

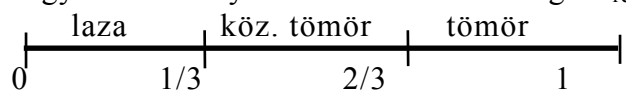
---

##### ☒ A talajok állapotának minősítése

- szemcsés talajok  
1. tömörség minősítése

Magyar Szabvány: 

relatív tömörség $T_{re}$		
laza	köz. tömör	tömör



tömörségi fok  $T_{rp}$

nemzetközi gyakorlat: hasonló

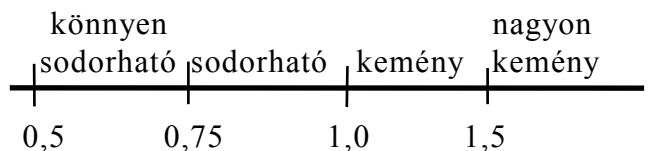
2. nedvesség értékelése

Magyar Szabvány telítettség szerint

nemzetközi gyakorlat: -

- kötött talajok  
1. konzisztencia minősítése

Magyar Szabvány: konzisztenciaindex  $I_c$



nemzetközi gyakorlat: folyási index  $I_L$

2. tömörség értékelése

Magyar Szabvány:  $I_p$  és  $e$  szerint

nemzetközi gyakorlat: -

---



---

### ✿ Ellenőrző kérdések

---

- Mi a talajosztályozás célja?
  - Nevezze meg az alábbi összetételű talajt:  
K=19%, H=43%, Hl=18%, I=9%, A=11%!
  - Nevezze meg a  $w_L=43\%$  és  $w_p=18\%$  jellemzőjű talajt!
  - Milyen  $T_{re}$  határok szerint változik a szemcsés talajok tömörségének minősítése?
  - Lehet-e 100% felett a tömörségi fok?
  - Milyenek minősítendő a kötött talaj állapota, amikor víztartalma éppen a konzisztenciahatárok átlagával egyezik?
- 

### ✿ Mintapéldák a Példatárból

---

- ◆ Az 1.10. példa a Proctor-vizsgálatot mutatja be, melynek eredménye alapján számítjuk a tömörségi fokot.
  - ◆ Az 1.11 példa a talajosztályozásról szól, próbálja először egyedül megoldani!
  - ◆ Az 1.15. példa azt érzékelteti, miként változnak az egyes minősítő paraméterek a talaj állapotváltozásaikor. Alaposan átgondolva tanulmányozza át!
- 

### ✿ Gyakorló feladatok

---

0 Egy kötött talaj sodrási határa 18 %, folyási határa 35 %, szemcséinek sűrűsége  $2,7 \text{ g/cm}^3$ , hézagtenyezője 0,6. Adjuk meg, miként változik a relatív konzisztenciaindex, ha a telítettsége állandó tömörség mellett növekedik!

0 Egy homoktalaj leglazább állapotát 0,7, a legtömörebbet 0,4 hézagtenyező jellemzi, míg a Proctor-vizsgálattal elérhető legnagyobb száraz térfogatsűrűsége  $2,1 \text{ g/cm}^3$ . A szemcsesűrűség  $2,65 \text{ g/cm}^3$ . Mekkora a tömörségi foka, amikor a relatív tömörsége 0,4?

0  $18.300 \text{ m}^3$ -es töltés építendő egy  $19.800 \text{ m}^3$ -es bevágásból kikerülő iszaptól legalább 85 % tömörségi fokot elérve, ami legfeljebb 0,9 konzisztenciaindexig teljesíthető. A bevágásból vett minták szerint a talaj a következő jellemzőkkel bír:

$$w_L=36\%; w_p=22\%; \rho_{dmax}=2,0 \text{ g/cm}^3; \rho_s=2,7 \text{ g/cm}^3; \\ e=0,7; w=20\%.$$

Kitermeléskor a talaj kb. 10 %-nyit fellazul, s szállítás közben elázva telítettsége 0,1-del nő. Elegendő lesz-e a rendelkezésre álló talajmennyiség? Elázás után is beépíthető marad-e? Összesen mennyi lesz a szállított tömeg, ha minden negyedik szállítmány elázására számíthatunk?

---



## C

# Vízmozgások és hatásaik a talajban

### ✿ Bevezető áttekintés

---

A talajokat érő kétféle hatás közül itt az elsővel foglalkozunk,

#### **a víz mozgásának okait, törvényeit, hatásait, kezelését**

tárgyaljuk. E témakörnek az ad jelentőséget, hogy az altalaj-eredetű épületkárok 80-90%-ában a víz meghatározó szerepet játszik. Az anyag viszonylag könnyen elsajátítható, a megértéséhez szükséges fizikai alapokat részben már az előző fejezetben, részben e fejezet első részében átismételjük. A témakör leíró jellegű részei az e félévi anyag további részeiben előkerülnek, a bemutatandó számítási eljárások alkalmazására pedig inkább a második félévben kerül sor.

---

A témakörhöz tartozik

#### **az 1. házi feladat,**

melynek feladatlapját a tájékoztató fejezetben már megadtuk. Szabadkézi rajzolással és próbálgatással kell megoldani, viszonylag több időt, de nem túl nagy szellemi erőfeszítést és legalább egy egyéni konzultációt igényel.

---

Az „elméleti” tananyagot teljes egészében

#### **a Geotechnika jegyzet 3. fejezetéből**

sajátíthatja el, kiegészítésként

#### **a Talajmechanika jegyzet 3. fejezetét**

veheti elő, kevés többletinformációt ad ez az útmutató is.

---

A következőkben a tanuláshoz

#### **témavázlatokat**

adunk, melyek főként az anyag rendszerezését segítik.

---

Ezt követően tudásának felméréséhez

#### **ellenőrző kérdéseket**

állítottunk össze, melyek elsősorban a megértést vizsgálják.

---

A témakör egyes részeihez kidolgozott példákat talál

#### **a Példatár I. kötetének 1. fejezetében,**

de ezekre most kevesebb energiát fordítson, mint amennyit az előző fejezetnél kellett, s önálló gyakorlásra - a házi feladaton túl - nem is adunk példákat.

---

---

## C.1.

### Hidraulikai alapismeretek

---

#### \* Témavázlat

---

#### ☒ A vízmozgások alapvető jellegzetességei

- a vízmozgások okai
  - gravitáció
  - kapillaritás
  - szívóképesség
  - hőmérsékletkülönbség
  - elektromos potenciálkülönbség
  - külső terhelés
- a vízmozgások következményei
  - talajállapotromlások víztartalomnövekedés miatt
  - zsugorodás víztartalomcsökkenés miatt
  - használhatatlanság vízbeáramlás miatt
  - szemcsemozgások vízáramlás miatt
  - talajösszenyomódás talajvízszintcsökkenés miatt
- a vízmozgások kezelésének elvei
  - domináns hatás kiválasztása
  - ennek törvénye szerint vizsgálunk
  - térbeli lehatárolás
  - a felszín és a talajvíz között különböző hatások
  - gyakorlati tapasztalat jelentősége
  - nem tudunk mindent „számolni”

---

#### ☒ Hidrosztatikai alapok

- nyírófeszültség nincs a vízben (Newton)
- víznyomás nagysága, iránya (Euler)
- külső nyomás terjedése (Pascal)
- felhajtóerő=víznyomások eredője (Archimedesz)

---

#### ☒ Vízmozgások kinematikája

- határoltság
  - teljesen határolt - szabad felszínű - vízszugaras
- szelvény jellemzők
  - vízhozam - keresztmetszet - középsebesség
  - $Q \text{ m}^3/\text{s}$        $A \text{ m}^2$        $v_k \text{ m/s}$

$$v_k = Q/A$$

permanencia egy szelvényben  
időbeni állandó v. változó szelvényjellemzők

- szakaszjellemzők
  - „permanens” szelvények sorozatára
  - egyenletes - fokozatosan változó - hirtelen változó
  - kontinuitás törvénye
- természetbeni áramlások modellezése
  - valóság: nem-permanensek a mozgások
  - közelítés: egy rövid időre és mértékadó helyzetre
  - permanensnek tekintjük
- áramlási modellek
  - egydimenziós - síkbeli - tengelyszimmetrikus

### ☒ Hidrodinamikai alapismeretek

- vízrészecskék energiájának változása (Bernoulli)
  - $\Sigma \text{energia} = \text{helyzeti} + \text{mozgási} + \text{nyomási} + \text{veszteség}$
  - változása az áramvonal mentén
- hidraulikai gradiens értelmezése
  - fajlagos energiaveszteség az áramvonal mentén
- áramlástípusok
  - lamináris - turbulens (Reynolds)
- áramlási sebesség hidraulikai gradiens összefüggése
  - különbség a két mozgástípusra
  - határ: Reynolds-szám
- áramlási energiaveszteségek
  - súrlódási veszteség
  - helyi veszteség

### ✱ Ellenőrző kérdések

- Sorolja fel a vízmozgások lehetséges okait!
  - Igaz-e a következő állítás: a vízben levő testre a víznyomások és a felhajtó erő hat?
  - Mi a középsebesség?
  - Milyen különbségek vannak a lamináris és a turbulens mozgás között?
  - Miben egyezik és miben különbözik a síkbeli és a tengelyszimmetrikus áramlás?
  - Melyik állítás hamis?
- a) A víz felülről lefelé áramlik.
  - b) A víz a nagyobb energiájú helyről a kisebb energiájú hely felé áramlik.
  - c) A víz a nagyobb nyomású hely felől a kisebb nyomású hely felé áramlik.
- Mit fejez ki a  $v_k = C \cdot I$  és mit az  $I = v_k / C$  összefüggés?
  - Milyen veszteségek lépnek fel egy csöbéli áramláskor?

## C.2.

### A gravitációs vízmozgás törvényei

#### ✿ Témavázlat

#### ☒ A szivárgás empirikus megközelítése Darcy

- $v_s$  szivárgási sebesség
- $I_s$  szivárgási gradiens definíciója  
fiktív keresztmetszet és áramvonal értelmezése
- kísérleti tapasztalatok  
energiavesztés hatása a szivárgási sebességre

$$v_s = k \cdot (I_s - I_0) \quad \text{míg} \quad I_s < I_h$$

talaj fajta	áteresztőképesség k m/s	$I_0$ küszöb gradiens	$I_h$ határ gradiens
homokos kavics	$10^{-3} \dots 10^{-4}$	0	1
hlisztes iszap	$10^{-5} \dots 10^{-6}$	0,2	10
közepes agyag	$10^{-8} \dots 10^{-9}$	0,8	100

#### ☒ A szivárgás elméleti modellezése Kozeny

- csököteg-modell felállítása, megoldása
- a szivárgási sebesség és a közepsebesség kapcsolata  
 $v_s = f(v_k)$
- a határgradienst befolyásoló paraméterek  
 $I_h = f(v; 1/e; 1/k; 1/d_h)$
- az áteresztőképességet befolyásoló tényezők  
 $k = f(1/v; e^3/(1+e); d_h^2)$

#### ☒ Az áramlási erő és hatásai

- áramló vízben lévő testre ható nyomások eredője
- az eredő két komponense  
felhajtó erő és áramlási erő

- az áramlási erő	
nagysága	= $V \cdot \rho_v \cdot g \cdot I_s$
iránya	= áramvonal érintője

- az áramlási erő hatásai

szuffózió	réteghatáron, kutaknál
szemcseváz megbomlása	buzgárosodás, roskadás
hidraulikus talajtörés	szádfal alatti áramlás
	rézsúláb kimosása

---

## ☒ Az áteresztőképesség meghatározása

- laboratóriumi vizsgálatok
    - értékelése
      - viszonylag olcsó, reprezentativitás kérdéses
    - fajtái
      - állandó víznyomással  $(10^{-5} \text{m/s} < k)$
      - változó víznyomással  $(10^{-5} \text{m/s} < k < 10^{-8} \text{m/s})$
      - konzolidáció alapján  $(k < 10^{-8} \text{m/s})$
  - terepi vizsgálatok
    - értékelése
      - drága, előzetesen nehéz, megbízhatóbb
    - típusai
      - próbaszivattyúzás
      - szikkasztásos vizsgálatok
      - pressziométeres vizsgálatok
  - közelítő összefüggések
    - értékelése
      - nagyon olcsó, becslésre jó
    - módszerei
      - képletek, grafikonok szemeloszlás alapján
      - grafikonok plasztikus index alapján
- 

## ✱ Ellenőrző kérdések

---

- Miért kell fiktívnek tekintenünk az áramlási hosszat és keresztmetszetet a Darcy-törvény értelmezésekor?
  - Milyen határok között igaz a Darcy-törvény?
  - Miért nevezhetjük vízzárónak az agyagokat?
  - Miért a hatékony szemcseátmérőtől függ az áteresztőképesség?
  - Melyik töltés vízzáróbb: a nagyon tömör homokból vagy a viszonylag laza agyagból álló?
  - Miként lehet védekezni a buzgárosodás ellen?
  - Milyen előnyei lehetnek a laboratóriumi áteresztőképességi vizsgálatoknak a próbaszivattyúzással szemben?
- 

## ✱ Mintapéldák a Példatárból

---

- ◆ Az 1.27. példában az állandó víznyomásos vizsgálatot tanulmányozhatja.
  - ◆ Az 1.28. példa a változó víznyomásos vizsgálatról szól.
  - ◆ Az 1.29. példa a próbaszivattyúzás értékelését ismerteti. Majd a következő fejezet után érdemes visszatérnie hozzá.
-

### C.3.

## A gyakorlati szivárgási feladatok modellezése és megoldásai

### \* Témavázlat

#### ☒ A szivárgási feladatok kérdései és feltevései

- kérdések

Mekkora vízhozam várható?

Milyenek a nyomásviszonyok az áramlási térben?

Milyen hatásai lehetnek az áramlási erőknek?

- a számítások feltevései

a talaj telített

az áramlás permanens

érvényes a Darcy-törvény

#### ☒ Egydimenziós áramlások

- homogén talajban

Darcy-törvény alkalmazása

lineáris energiaveszteség

- rétegződésre merőleges irányú áramlás

a megoldás elve

a szivárgási sebesség állandó a rétegeken át

pontos megoldás

a rétegenkénti energiaveszteség számítása

közelítő megoldások

a. ha az egyik réteg átteresztőképessége

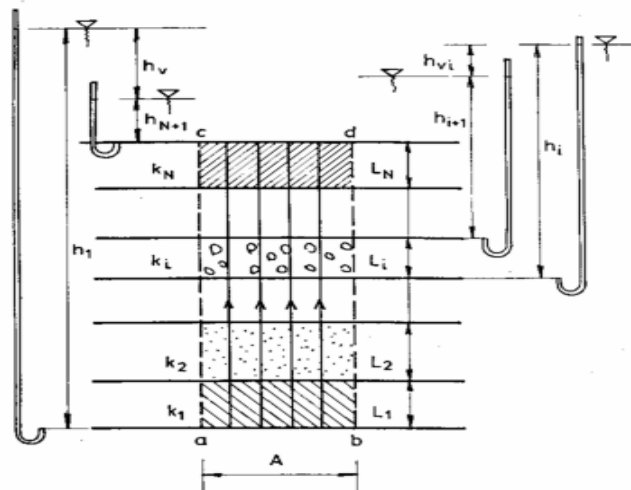
a többinél nagyságrendben kisebb

a teljes energiaveszteség erre vehető

b. ha az egyes rétegek átteresztőképessége

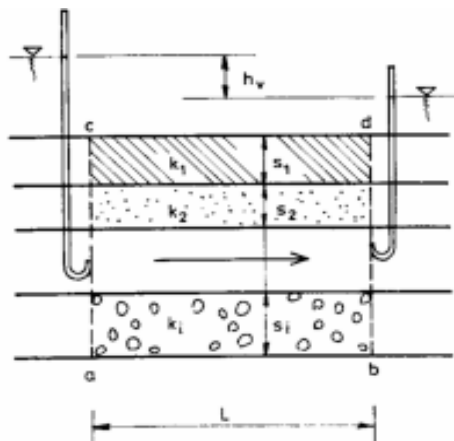
alig különbözik egymástól

helyettesítő réteg bevezetése





- rétegződéssel párhuzamos áramlások
  - a megoldás elve
    - a hidraulikus esés állandó a rétegekben
  - pontos megoldás
    - a rétegenkénti sebesség és vízhozam számítása
    - közelítő megoldások
      - a. ha az egyik réteg átteresztőképessége a többinél nagyságrendben nagyobb csak e réteg vízhozamát számítjuk
      - b. ha az egyes rétegek átteresztőképessége alig különbözik egymástól helyettesítő réteg bevezetése



### ☒ Síkbeli áramlások

- áramképszerkesztés
  - elvi alapok
    - áramvonal definíciója
    - energiaviszonyok változása az áramvonalon
      - Bernoulli-törvény alkalmazása
    - ekvipotenciális vonal definíciója
      - azonos energiájú pontok helye
      - merőleges rá az áramlás iránya
    - kontinuitás törvényének érvényesítése
      - kisebb keresztmetszet-nagyobb sebesség
  - az áramkép jóságának kritériumai
    - merőlegesség
      - lásd az alapelveket
    - igazodás a peremfeltételekhez
      - áram- v. ekvipotenciális határvonalak
      - négyzetesség (nem kötelező, csak előnyös)
      - lásd az alapelveket
  - az áramkép felhasználása
    - vízhozam számítása
    - hidrosztatikus nyomás számítása
      - Bernoulli-törvény alkalmazása
    - hidraulikus talajtörés ellenőrzése
      - kritikus áramvonal v. nagyobb talajtömb

- Dupuit-féle megoldás
  - alkalmazhatóságának feltételei
    - 0,3-nál kisebb hidraulikai esés
    - alsó vízszintes vízzáró határolás
    - a felszín görbe két pontjának ismerete
  - a közelítés lényege
    - az ekvipotenciális vonal függőleges
    - az áramlási keresztmetszet is függőleges
  - a differenciálegyenlet tartalma
    - a kontinuitás törvényének alkalmazása
  - a megoldás eredményei
    - a vízhozam képlete
    - a depressziós görbe egyenlete
      - 2 ismert helyzetű pontból számítható
    - áramkép
      - a depressziós görbe és az alsó határoló felület közé beszerkeszthető

### ☒ Tengelyszimmetrikus áramlások

- Dupuit megoldása
  - lásd a síkbeli áramlást
  - a végképletek mások
  - lásd Példatár 1.26. példa

### ✱ Ellenőrző kérdések

- Milyen kérdésekre kell választ adni a szivárgási problémák megoldásakor?
- Fogalmazza meg, miként lehet a rétegekre merőleges áramlást számolni akkor, ha egy réteg átteresztőképessége két nagyságrenddel kisebb a többinél?
- Miért jogos a „vízszállító réteg” kifejezés használata a rétegződéssel párhuzamos áramlás esetén?
- Miként változnak az energiaviszonyok egy áramvonal mentén síkbeli áramlás esetén?
- Miért sűrűsödnek az áram- és az ekvipotenciális vonalak az áramlási tér szűkületeiben?
- Melyik állítás igaz?
  - a) Egy ekvipotenciális vonal az azonos hidrosztatikus nyomású pontok mértani helye.
  - b) Egy ekvipotenciális vonal az azonos energiájú pontok mértani helye.
  - c) Egy ekvipotenciális vonal az azonos energiaveszteségű pontok mértani helye.
- Miként kell kielégíteni a négyzetesség követelményét az áramképek szerkesztésekor?
- Milyen feltételek teljesülése esetén alkalmazható a Dupuit-féle közelítés?
- Melyik modellt alkalmazná egy munkaárok mellett sűrűn sorakozó kutakkal történő víztelenítés számítására?

---

### ✿ Mintapéldák a Példatárból

---

- ◆ Az 1.18. példa egydimenziós rétegekre merőleges áramlás vizsgálatát mutatja be. Tanulmányozza át a feladatot!
  - ◆ Az 1.19. példa egydimenziós rétegekkel párhuzamos áramlás vizsgálatát mutatja be. Alaposan, minden részletet jól megértve olvassa át!
  - ◆ Az 1.22. példa egy síkbeli áramlás áramképeinek megszerkesztését és felhasználását mutatja be. A házi feladat megoldásához sok segítséget ad a feladat átnézése.
  - ◆ Az 1.24. példa egy síkbeli áramlási eset Dupuit-féle megoldását mutatja be. Érdemes átnéznie, könnyebben megtanulja vele ezt a módszert.
- 

### ✿ Házi feladat

---

- A **feladatlap** a 8. oldalon található. A geometriai viszonyokat egy 1:100 vagy 1:50 léptékű rajzban ábrázolja. (Célszerű ezeket tollal, tussal kihúzni, aztán a szerkesztést ceruzával és radírral próbálni.)
  - A viszonyok lényegében azonosak a **Geotechnika jegyzet 3.6. ábráján** megoldott feladatével, tehát a megoldás is hasonló lesz.
  - A feladatot **próbálgatással** kell megoldani. Addig kell javítani az áramképet, míg az többé-kevésbé kielégíti a jóság kritériumait. Minél több csatornával próbálkozik, annál könnyebben találja meg az elfogadható áramképet.
  - Nem kell túlzottan „szabályos” áramképre törekedni. A legfontosabb a peremfeltételekhez való illeszkedés.
  - A négyzetekbe a köröket nem kell berajzolni, legalábbis a beadandó rajzon nem.
  - A kész áramkép ismeretében a **vízhozamot** a Példatár 1.22. feladatához hasonlóan kell számítani.
  - A falra ható **víznyomást** elegendő egyetlen pontban meghatározni. Legyen ez, pl. a fal bal oldalán a befogott szakasz középső pontja. A számítás módját a Geotechnika jegyzet és az előbb említett példa ismerteti.
  - A **hidraulikus talajtöréssel** szembeni biztonságot is e példa alapján határozhatja meg.
  - Az áramképet célszerű **konzultáción** megmutatni. Ekkorra nézze át a számításokat is, hogy azt is megbeszélhessük.
  - A **beadandó munka** rendezett, jól áttekinthető legyen. Nem követelmény azonban a tussal való kihúzás és a szabványírás.
-

---

## C.4.

### Kapilláris vízmozgás, elektrooszmózis, vízmozgás hőhatásra.

---

#### ✱ Témavázlat

---

#### ☒ A kapilláris vízmozgás

- a kapilláris emelkedési magasság elméleti képlete

$$h_k = \frac{4,5 \cdot 10^{-5}}{e \cdot d_{10}} \quad (\text{a számláló dimenziója m}^2)$$

a hatékony átmérő szerepe a döntő tapasztalati értékei

a talajfajtától függően

kavics 10 cm.....iszap 5m

- az emelkedés időbeli alakulása elméleti képlete

$$z = \sqrt{2 \cdot \frac{1+e}{e} \cdot k \cdot h_k \cdot t}$$

hatványfüggvény, melyben k szerepe a döntő tapasztalati értékei

3.8 ábra a Geotechnika jegyzetben

kavics, homok és homokliszt

24 óra alatt teljes magasságig

agyag

24 óra alatt nagyon kicsi

- talajtípusok kapilláris viselkedésének jellegzetessége

talaj fajta	emelkedés magassága	emelkedés sebessége
homokos kavics	nagyon kicsi	nagyon gyors
hlisztes iszap	elég nagy	elég gyors
közepes agyag	nagyon nagy	nagyon lassú

- gyakorlati következmények

a talajvíz felett is lehet telített a talaj  
negatív pórusvíznyomás a talajvíz felett  
vízszállítás az épületszerkezetekhez  
talajfagyáskor vízutánpótlás

---

---

### ☒ Elektroozmózis

- a vízmozgás törvénye, iránya és oka

$$v_E = k_E \cdot \frac{U}{L}$$

potenciálkülönbség hatására  
a katód felé  
a fémionok hidrátburkaként

- gyakorlati hasznosítása
    - vízkiemelés
    - nyomáscsökkentés
    - ioncsere (talajszilárdítás)
  - természetes eredetű potenciálkülönbségek hatása
    - korrózió
    - réteghatárok elnedvesedése
    - agyagszemcsék vízfelvétele
    - átáramlás szigetelőrétegeken
- 

### ☒ Vízmozgás hőhatásra

- a talajhőmérséklet mélységbeli változása
    - télen ill. nyáron
      - a léghőmérséklethez igazodik
    - semleges szint
      - kb. 4 m-en
    - tartós gradiensek
      - hosszabb időszak léghőmérsékletétől függ
    - felszínközeli változások
      - napi léghőmérséklet változásától függ
  - a vízmozgás iránya
    - hidegebb hely felé
  - a vízmozgás formái
    - páraként ill. hidrátburokban
  - gyakorlati vonatkozásai
    - párolgás és talajfagyás
- 

### \* Ellenőrző kérdések

---

- Mekkora legyen a kapilláris emelkedés megszakítására szolgáló kavicsréteg minimális vastagsága?
  - Milyen jellegű és paraméterű függvénnyel írható le a kapilláris emelkedés időbeli alakulása?
  - Mit jelent a kapilláris zóna negatív pórusvíznyomása?
  - Mi az elektroforézis gyakorlati jelentősége?
  - Mely talajokban lehet hatékony az elektroozmózis?
  - Milyen mélységben állandó hazánkban a talajhőmérséklet?
-

---

## C.5.

### A talajfagyás. Vízmozgás okozta térfogatváltozás.

---

#### \* Témavázlat

---

##### ☒ A talajfagyás

- lényege

fagyáskor felfelé áramlik a víz,  
a fagyott zónában megnő a víztartalom  
fagyáskor megnő a víz térfogata

- következményei (főleg közlekedési pályáknál)

**fagykár**

fagyemelkedés - szerkezettörés  
olvadási kár

felpuhulás - teherbíráscsökkenés

- befolyásoló tényezők

„fagybehatolás” mértéke

a fagymennyiségtől és a fedettségtől függ  
hazai tapasztalati értékei: 50-100 cm

fagybehatolás sebessége

gyors „lefagyás” kevésbé veszélyes

talajfajta (a kapilláris vízutánpótlás szerepe)

szemeses talajok - fagyállóak

alig nő a víztartalom - tömbfagyás

agyagtalajok - fagyérzékenyek

kissé nő a víztartalom - lencsés fagyás

**átmeneti talajok - fagyveszélyesek**

erősen nő a víztartalom - lencsés fagyás

talajvíz helyzete

téli vízszint mélysége a szerkezet alatt

hazánkban ~2,5 m kritikus

- védekezés

alapelve

valamelyik befolyásoló tényező módosítása

gyakorlati megvalósításai

közlekedési pályáknál

új létesítménynél

fagyvédőréteg vagy pályakiemelés

régi szerkezeteknél

talajvízszintcsökkentés

alapszerkezeteknél

alapsík a fagyhatár alá

---

---

## ☒ **Térfogatváltozás a víztartalomváltozások miatt**

- jelenségek

w csökken → zsugorodás → alátámasztáshiány

w növekedik → duzzadás → mozgás és/v. nyomás

- befolyásoló tényezők

külső körülmények

inszoláció - árnyék

fedettség

nyomás

növényzet

mélység

talajfajta

agyagok térfogatváltozásának határai

maximális térfogatváltozás

zsugorodási határ - telítési határ

reális térfogatváltozás konkrét esetben

talajvizsgálatok a természetes

körülmények modellezésével

talajok minősítése tapasztalati adatok alapján

agyagtartalom, plasztikus index

zsugorodási határ, lineáris zsugorodás

duzzadási index

- védekezés

hagyományosan

a károsodás lehetőségének kizárása

alapozás: 2,2 m alatti alapsík

földművek: talajcsere, lapos rézsű

gazdaságosabb lehetőségek

a térfogatváltozás mértékének felmérése

megfelelő szerkezet tervezése

---

## ✿ **Ellenőrző kérdések**

---

- Mi az a két ok, ami fagyemelkedést eredményez?
  - Milyen talajparaméterek alapján ítéljük meg a gyakorlatban a talajok fagyveszélyességét?
  - Melyik két tulajdonsága miatt lehet különösen kritikus az iszapokban az olvadási kár?
  - Adja meg a zsugorodási határ szabatos definícióját!
  - Általában miért egyenetlen az épületek altalajának zsugorodása?
  - Miért pincézik alá a családi házakat agyag altalaj esetén, még ha funkcionálisan nincs is feltétlenül szükség rá?
-





## D

### A talajok viselkedése terhelés hatására

#### ✱ Bevezető áttekintés

E fejezet a talajmechanikának a mérnöki gyakorlat szempontjából

##### legfontosabb ismeretköre,

a megtanulást illetően viszont sajnos a legnehezebb részről van szó. Erre épül a következő fejezet és természetesen a következő félév alapozás- és földműtervezési témaköreiben újlag előkerülnek. A kérdés jelentőségét jól érzékelteti a Talajmechanika jegyzet 4.1. alfejezete.

A témakörből

##### zárthelyi dolgozatot

is kell írnia, amihez előbb az elméleti ismereteket kell elsajátítania, majd számpéldákat is meg kell oldania.

Az „elméleti” tananyagot

##### a Geotechnika jegyzet 4. fejezetéből

tanulhatja meg, de a megértéshez szükség lehet

##### a Talajmechanika jegyzet 4. fejezetére

is, és ad némi többletinformációt ez az útmutató is.

Az itt következő, tanulást segítő

##### témavázlatok

a fontosabb fogalmak kiemelését tartalmazzák, de a Geotechnika jegyzethez képest többletismereteket is tartalmaznak.

Ezt követően tudásának felméréséhez

##### ellenőrző kérdéseket

állítottunk össze, melyek elsősorban a megértést vizsgálják.

Kidolgozott példákat ajánlunk

##### a Példatár I. kötetének 1. fejezetéből,

melyeken keresztül megismerheti a megoldások metodikáját.

Az önálló gyakorláshoz itt még

##### gyakorló példákat

is adunk, amelyekhez hasonlóak lesznek a zárthelyi dolgozatban. Ha szeretne meggyőződni megoldásainak helyességéről, vagy segítséget igényel a megoldásokhoz, akkor konzultáción, levélben vagy telefonon kérje közreműködésünket.

---

## D.1.

### Szilárdságtani alapismeretek

---

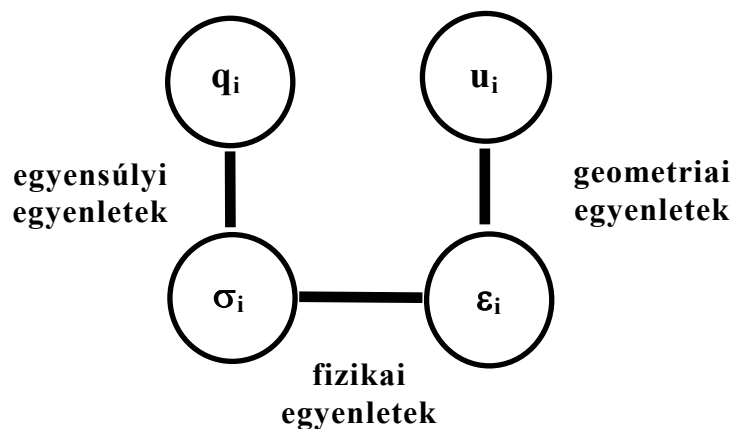
#### \* Témavázlat

---

##### ☒ Feszültségek és alakváltozások

- feszültségek és alakváltozások előjele a geotechnikában nyomófesz. és fajlagos összenyomódás pozitív
- egy pont mechanikai állapotjellemzői egy x-y-z koordinátarendszerben
  - 3 normál- és 3 nyírófeszültség
$$\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z, \tau_{xy}, \tau_{yz}, \tau_{zx},$$
  - 3 fajlagos nyúlás és 3 fajlagos szögtorzulás
$$\varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_z, \gamma_{xy}, \gamma_{yz}, \gamma_{zx},$$
  - 3 eltolódás
$$u_x, u_y, u_z,$$
- összefüggéseik (differenciálegyenletek)
  - egyensúlyi egyenletek
    - a külső erőkre ( $q_i$ ) és a feszültségekre
  - kompatibilitási egyenletek
    - az alakváltozásokra és az eltolódásokra
  - fizikai egyenletek
    - a feszültségekre és az alakváltozásokra
- összegzés

6 feszültségkomponens	3 egyensúlyi egyenlet
6 alakváltozáskomponens	6 geometriai egyenlet
3 eltolódáskomponens	6 fizikai egyenlet
15 paraméter	15 egyenlet



- sajátos feszültségi és alakváltozási állapotok
  - síkbeli feszültségi, ill. alakváltozási állapotok
  - tengelyszimmetrikus fesz., ill. alakv. állapotok
- lineáris feszültségi, ill. alakváltozási állapotok
  - hidrosztatikus feszültségi állapot
- különbözőirányú feszültségek összefüggései
  - levezetés az elemi test egyensúlya alapján
  - érvényes:
    - sík feszültségi állapotra, ill.
    - a fősíkokra merőleges síkokra
- főfeszültségek értelmezése
- Mohr-körös feszültségábrázolás (Geotechnika 4.3. ábra)
  - paraméterek:
    - a kör középpontja és sugara
    - a vizsgált síknak az 1. fősíkkal bezárt szöge

### ☒ A rugalmas viselkedés - a Hooke-törvény

- fogalom értelmezések
  - rugalmas, lineárisan rugalmas viselkedés
  - izotrópia - aniztrópia
  - homogenitás - inhomogenitás
- egyszerű Hooke-törvény
  - egyirányú nyomókísérlet eredményein értelmezve
  - feszültség - alakváltozás kapcsolat
  - keresztirányú alakváltozások viszonya
$$\varepsilon_z = \sigma_z / E \quad \varepsilon_x = \mu \cdot \varepsilon_z$$
- általános Hooke-törvény
  - általánosítás térbeli feszültségállapotra
  - 6 fizikai egyenlet

$$\varepsilon_z = [\sigma_z - \mu \cdot (\sigma_x + \sigma_y)] / E \quad \gamma_{xz} = \tau_{xz} / G$$

  - stb.
- 2 független anyagjellemző a lineáris rugalmasságtanban
  - leggyakrabban használtak
  - rugalmassági (Young) modulus E
  - harántkontrakciós (Poisson) tényező  $\mu$
  - egyéb lehetőségek is vannak
  - nyírási modulus G, térfogati modulus, stb.
- speciális állapotok rugalmasságtani összefüggései

### ☒ A képlékeny viselkedés - a Coulomb-törvény

- a képlékeny viselkedés fogalma
- lineárisan rugalmas-tökéletesen képlékeny anyagmodell
- törési (v. tönkremeneteli) határállapot
  - végtelen nagy képlékeny elmozdulások
  - a test képlékeny állapotba került pontjait összekötő
  - összefüggő felülete mentén

- terhelési eset vizsgálatának kérdései
  - egy pontban bekövetkezik-e a törési állapot
  - teljesül-e a törési feltétel
  - milyen csúszófelületen következhet be elmozdulás
  - törési mechanizmusok
- Coulomb-féle törési feltétel

$$\tau = \sigma \cdot \operatorname{tg} \varphi + c$$

definíciója, fizikai tartalma

a nyírószilárdság értelmezése

belső súrlódási szög és kohézió

matematikai összefüggései, egyenletei

a főfeszültségekre

$$\sigma_3 = \sigma_1 \cdot \operatorname{tg}^2(45 - \varphi/2) - 2 \cdot c \cdot \operatorname{tg}(45 - \varphi/2)$$

$$\sigma_1 = \sigma_3 \cdot \operatorname{tg}^2(45 + \varphi/2) + 2 \cdot c \cdot \operatorname{tg}(45 + \varphi/2)$$

a törési sík helyzete

$$\alpha = 45 + \varphi/2$$

értelmezése a Mohr-féle koordinátarendszerben

Coulomb-egyenes és főkör érintkezése

### ✱ Ellenőrző kérdések

- Mikor tekintjük a geotechnikában pozitívnak a normál- és a nyírófeszültséget?
- Definiálja a sík feszültségi állapotot!
- Mondjon egy példát a sík alakváltozási állapotra!
- Lehet-e egy lineárisan rugalmas pontban egyidejűleg sík feszültségi és sík alakváltozási állapot?
- Milyen feszültségi és alakváltozási állapotban van a minta az egyirányú nyomóvizsgálat alatt?
- Melyik a helyes definíció?
  - a) Főfeszültségnek a legnagyobb és a legkisebb normál-feszültségeket nevezzük.
  - b) Főfeszültségnek azokat a normál-feszültségeket nevezzük, amelyekhez zérus nyírófeszültség tartozik.
- Mit mutat meg a Mohr-kör egy pontja?
- Vezesse le a lineáris alakváltozási állapot rugalmasságtanban érvényes összefüggéseit?
- Mi a törési, vagy képlékenységi feltétel?
- Miért mindig a második fősíkra merőleges helyzetű síkban lehet törési állapot?
- Miként értelmezhetők a főfeszültségeknek a törési állapotra vonatkozó összefüggései?

---

### ✿ Mintapéldák a Példatárból

---

- ◆ Az 1.30. feladatot három okból is érdemes áttanulmányozni:
  - Példát mutat azokra a feszültség számítási módszerekre, amelyeket a vázlatban jelölt 15 egyenlet megoldásaként rugalmasságtani fizikai kapcsolatra vezettek le.
  - Bemutatja a Mohr-féle feszültségábrázolást.
  - Sajátos feszültségállapotokat érzékeltet.
- ◆ Az 1.31. példa jellege és haszna az előbbivel azonos.
- ◆ Az 1.32. példa egy sajátos feszültségi állapotban végzett talajvizsgálatot mutat be. Először próbálja önállóan megoldani!
- ◆ Az 1.33 példa hasonló az előbbihez, de ez egy egyirányú nyomóvizsgálatot értékel.
- ◆ Az 1.34 példa a törési állapot összefüggéseinek gyakorlását segíti. Próbálja először egyedül megoldani!

---

### ✿ Gyakorló feladatok

---

- ☐ Adjuk meg annak a pontnak a főfeszültségeit, melyben a következő feszültségek uralkodnak:  
 $\sigma_z=400 \text{ kN/m}^2 \quad \sigma_y=200 \text{ kN/m}^2 \quad \sigma_x=\tau_{xy}=\tau_{xz}=0 \quad \tau_{yz}=100 \text{ kN/m}^2 !$
  - ☐ Egy pontban sík alakváltozási állapot van, az x-z sík a terhelés után helyben marad. A  $\sigma_1=200 \text{ kN/m}^2$  nagyságú főfeszültség a +x tengellyel a -z tengely irányába  $30^\circ$  szöget zár be. A  $\sigma_3$  feszültség ugyanitt  $100 \text{ kN/m}^2$ . Mekkora e pontban a függőleges fajlagos összenyomódás, ha  $\mu=0,333$  és  $E=2 \text{ MN/m}^2$ ?
  - ☐ Egy merev ödométergyűrűben egy minta  $200 \text{ kN/m}^2$  függőleges nyomás hatására 2 % fajlagos összenyomódást szenvedett. E talaj Poisson-tényezőjét 0,2...0,4 közti értékre lehet becsülni. Mekkora lehet a rugalmassági modulusa?
  - ☐ Egy homoktalajban a függőleges 1. főfeszültségnél, a főfeszültségek 1:3 aránya mellett következett be a törés. Mekkora lehetnek a nyírószilárdsági paraméterek, és milyen helyzetű a törési sík?
-

---

## D.2.

### A talajok mechanikai viselkedésének sajátosságai

---

#### \* Témavázlat

##### ☒ A talajban keletkező feszültségek sajátosságai

- a feszültség eloszlása a három fázison  
újabb elméleti megoldások a telítetlen talajokra a gyakorlat még nem használja
- telített talajokra Terzaghi elmélete  
nyírófesz.: csak a szemcseváz veszi fel  
normálfesz: szemcseváz és pórusvíz veszi fel

talaj		szemcse		víz
teljes fe- szültség		hatékony feszültség		semleges feszültség
$\sigma$	=	$\bar{\sigma}$	+	u

- a hatékony feszültség tartalma  
szemcsék közvetlen érintkezésénél működő erők  
elektrosztatikus erők a szemcsék között

##### ☒ Kezdeti feszültségek, feszültségi előtörténet

- a talaj viselkedését befolyásolja  
az új hatás előtti feszültségi állapota  
a kezdeti állapot előtti feszültségváltozások
- kezdeti feszültségi állapot számítása
  1. függőleges teljes feszültség=geostatikai nyomás  
 $\sigma_z = z \cdot \rho \cdot g$
  2. semleges feszültség (pórusvíznyomás)  
 $u = h \cdot \rho_v \cdot g$
  3. függőleges hatékony feszültség  
 $\bar{\sigma}_z = \sigma_z - u$
  4. vízszintes hatékony feszültség  
 $\bar{\sigma}_x = K_0 \cdot \bar{\sigma}_z$
  5. vízszintes teljes feszültség  
 $\sigma_x = \bar{\sigma}_x + u$

- előterheltség

viszony száma

okai, következményei

- nyugalmi nyomás szorzója

NC-talajra Jáky képlete

$$K_0^{NC} = 1 - \sin \varphi'$$

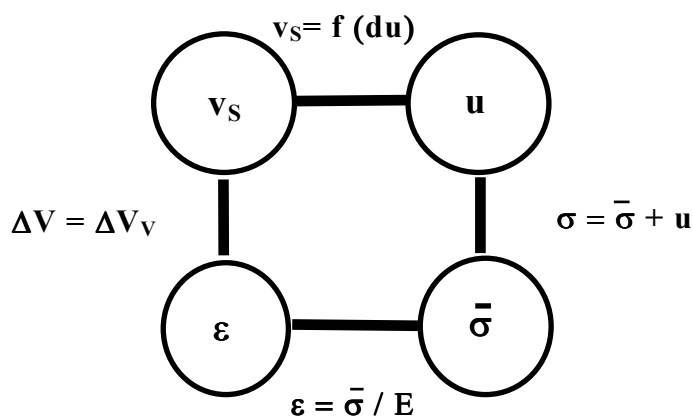
OC-talajra (m=0,5 !)

$$K_0^{OC} = K_0^{NC} \cdot \sqrt{OCR}$$

---

☒ **A terhelés alatti térfogatváltozás, a konszolidáció**

- a térfogatváltozás és a vízmozgás viszonya
  - telített talaj = akadályozott vízmozgás
  - térfogatállandóság melletti viselkedés
  - vízkielépés lehetséges
  - térfogatcsökkenés - „javuló” talajreakció
- a terhelési és a szivárgási sebesség viszonya
  - zárt rendszerű terhelés-talajreakció
  - gyors terhelés + kis áteresztőképesség
  - pl. kővér agyagon tartályfeltöltés
- nyílt rendszerű terhelés + talajreakció
  - lassú terhelés + nagy áteresztőképesség
  - pl. kavicsstalajon monolit építés
- négy változó
  - ( $\bar{\sigma}$ ) hatékony feszültség (összenyomódást okoz, nyírószilárdságot ad)
  - ( $u$ ) semleges feszültség (vízmozgást indukál)
  - ( $\varepsilon$ ) összenyomódás (süllyedést eredményez)
  - ( $v_s$ ) vízáramlás (lehetővé teszi az összenyomódást)



- konszolidáció
    - terhelés után lezajló változások
    - konszolidált állapot
    - konszolidált terhelés
-

---

### ☒ A feszültség-alakváltozás kapcsolatok sajátosságai

- a feszültségi állapot jellege = főfeszültségek viszonya
- lehetőségek
  - a. képlékeny állapothoz vezető feszültségviszonyok alakváltozással „lágyul” (romlik) a talaj
    - pl. egyirányú nyomásnál
  - b. csökkenő alakváltozásnövekményt okozó állapot alakváltozással „keményedik” (javul) a talaj
    - pl. hidrosztatikus feszültségi állapot
- másként értelmezve
  - növekvő  $\sigma_1 - \sigma_3$  deviátorfeszültség okoz törést ezért alkalmazható a talajokra a Coulomb-törvény
- szilárdságcsökkenés nagy alakváltozások miatt
  - jellemző tömör homokra és előterhelt agyagra
  - a szemcsék a csúszólapon rendeződnek
  - csúcsszilárdság - reziduális szilárdság

---

### ☒ A talajok viszkózus tulajdonságai

- agyagok viselkedésének változása
  - alacsony víztartalom - szilárd anyag
  - magas víztartalom - sűrű folyadék
- Bingham-modell
  - $\tau = \tau_0 + c \cdot d\varepsilon/dt$
  - $\tau_0$  fundamentális nyírószilárdság
- következmények állandó terhelés esetén
  - $\tau_0 > \tau$  mozgás nélkül is lehet egyensúly
  - $\tau_0 < \tau$  csak kúszás mellett lehet egyensúly
- következmények növekvő terhelés esetén
  - a nyírási ellenállás az alakváltozási sebességgel nő
- módosulások a feszültségi állapottól függően
  - felkeményedő talaj pl. lineáris fesz. állapotban
    - $\tau_0$  és  $c$  javul - a kúszási sebesség csökken
  - lágyuló talaj pl. lineáris feszültségi állapotban
    - $\tau_0$  és  $c$  romlik - a kúszási sebesség nő - törés

---

### ☒ Egyéb sajátosságok

- inhomogenitás
    - véletlenszerű, trendjellelű
  - anizotropia
    - keletkezés miatt, feszültségek miatt
  - determinált csúszási felületek
    - korábbi csúszás, egykor málló felszín
  - szerves alkotók hatásai
    - oxidálódás - kúszás jellegű alakváltozások
  - cementáló kötések
    - rideg viselkedés, kohézió
  - állapotváltozások
    - kötött talajok felpuhulása, kiszáradása
-



---

### ✿ Ellenőrző kérdések

---

- Melyik a helyes definíció?
  - a) A hatékony feszültség a szemcsék találkozásánál átadódó feszültség.
  - b) A hatékony feszültség a szemcseváz által felvett normál-feszültség.
- Milyen összefüggés van a teljes, a hatékony és a semleges feszültségek között?
- Hogyan számíthatjuk ki az előterhelt talajok nyugalmi nyomási tényezőjét?
- Milyen okai és következményei lehetnek az előterheltségnek?
- Gyors vagy lassú terhelés esetén nagyobb-e a talajtörés veszélye?
- Milyen folyamatok zajlanak a konszolidáció alatt?
- Rajzolja fel emlékezetből a hidrosztatikus és a lineáris feszültségi állapot feszültség-alakváltozás görbáját!
- Mit értünk reziduális, illetve fundamentális nyíró-szilárdságon?

---

### ✿ Mintapéldák a Példatárból

---

- ◆ Az 1.35. példa a kezdeti feszültségállapot számítását mutatja be. Tanulmányozza át!
- ◆ Az 1.36. példa ugyanarról szól, de ebben az előterheltséget is figyelembe kell venni. Próbálja ezt először egyedül megoldani!

---

### ✿ Gyakorló feladatok

---

- ▣ A felszín alatt 5,6 m, a talajvízszint alatt pedig 3,2 m mélységben lévő pontban egy nyomásmérővel  $72 \text{ kN/m}^2$  vízszintes nyomást mértek a talajban. A talajvíz feletti zónák átlagos sűrűsége  $1,85 \text{ g/cm}^3$ -re, a talajvíz alattiaké  $2,04 \text{ g/cm}^3$ -re vehetők. Adjuk meg a talaj kezdeti feszültségi állapotát, és számítsuk ki a  $K_0$ -tényezőjét is!

### D.3.

## A talajok törési állapotának és nyírószilárdságának vizsgálata

### \* Témavázlat

#### ☒ A törési vizsgálat alapelvei

- törési mechanizmusok felvétele  
lásd az E. fejezetet
- csúszólapon Coulomb-törvény alkalmazása  
törési állapot=teljesül a törési feltétel  
talajokra a Coulomb-féle a legalkalmasabb
- a sajátosságok miatt figyelembe veendő szempontok  
kezdeti feszültségi állapot, előtörténet  
nyílt v. zárt rendszerű-e a terhelés  
hatékony v. teljes feszültségek  
feszültségváltozások tartománya  
főfeszültségek viszonya  
nyírási elmozdulások nagysága  
alakváltozási sebesség
- vizsgálat elve  
kétféle analízis a normálfeszültségeket illetően  
modellező jellegű talajvizsgálat

hatékony feszültségek analízise	teljes feszültségek analízise
$\tau = \bar{\sigma} \cdot \text{tg} \bar{\varphi} + \bar{c}$	$\tau = \sigma \cdot \text{tg} \varphi_u + c_u$
<ul style="list-style-type: none"> <li>- reálisabb eredményt ad</li> <li>- u ismerete szükséges</li> <li>- szemcsés talaj „normális terhelésének vizsgálatára</li> <li>- konszolidált állapotok vizsgálatára</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- kevésbé megbízható</li> <li>- ha u értéke ismeretlen</li> <li>- kötött talajok „gyors” terhelésének vizsgálatára</li> </ul>

- megjegyzés: a hatékony feszültség, illetve szilárdság jele  $\bar{\sigma} \dots \bar{\varphi} - \bar{c}$  helyett gyakran  $\sigma' \dots \varphi' - c'$

#### ☒ Nyírószilárdsági vizsgálatok

alpmódszerek	triaxiális nyomás	közvetlen nyírás
egyszerűsítések	egyirányú nyomás	billenéses vizsg.
fejlesztések	valódi triax. vizsg. sík alakvált. áll. vizsg.	egyszerű nyírás torziós nyírás

- triaxiális vizsgálat

eszköz

cella mérete, anyagai

terhelő rendszer (sebesség, cellakapcsolatal)

cellanyomás biztosítása, stabilizálása

pórusvíznyomás ill. drénezés biztosítása

vizsgálati eljárások

kezdeti fesz. beállítása = „konszolidáltatás”

telítés-„back pressure”

terhelés nyílt v. zárt rendszerben

pórusvíznyomás- és térfogatváltozás-mérés

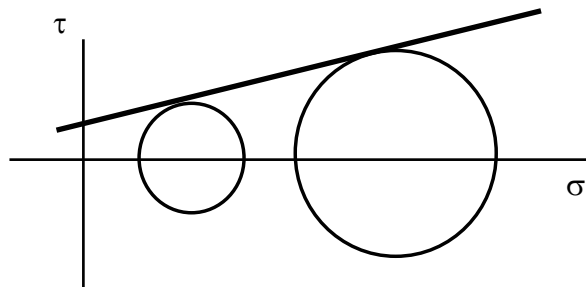
terhelésmodellezés-feszültségi pályák

feldolgozás

hatékony v. teljes feszültségek szerint

deviátorfeszültség maximumának keresése

törést okozó Mohr-körök érintője



- közvetlen nyírás

eszköz

nyíródoboz

erő- és elmozdulásmérések

determinált törési felület

vizsgálati eljárás

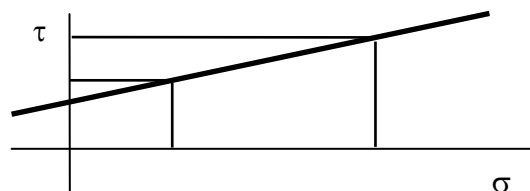
konszolidálás jól megválasztott feszültséggel

nyírás alkalmas sebességgel

feldolgozás

nyírásí gőrbén csúcs- v. reziduális szilárdság

törési  $\tau$ - $\sigma$  feszültségpárookra Coulomb-egy.



- egyszerű vizsgálatok

csak tájékozódás céljára

- fejlesztések

speciális problémák esetén, ill. kutatási céllal

---

## ☒ A nyírószilárdság sajátosságai

- szemcsés talajok

gyakorlatilag mindig nyílt rendszerként viselkednek

a terhelés nem kelt bennük pórusvíznyomást

a hatékony feszültségek szerint lehet vizsgálni

telített állapotban		telítetlen állapotban
kohézió zérus		kapilláris kohézió

nyírási ellenállás összetevői

felületi súrlódás + szerkezeti ellenállás

tömörség jelentősége

tömör talaj nyíráskor lazul

laza talaj nyíráskor tömörödik

jellemző súrlódási szögek az alábbi tényezők szerint  
szemmagyság- szemeloszlás-érdesség-tömörség

$$\varphi = 28 - 42^\circ$$

megfolyósodás

lökésszerű terhelésnél  $\sigma = u$  lehet, ezért

$\bar{\sigma} = 0$  miatt nincs nyírási ellenállás = folyadék

folyós homok

$$U = 2-3, e = 0,6-0,8, d = 0,12-0,15$$

- kötött talajok

normálisan konszolidált agyagok

zárt rendszerben

$$\tau = c_u \quad (\varphi_u = 0)$$

$$c_u = f(\bar{\sigma}_z, I_p, d\varepsilon/dt)$$

nyílt rendszerben és konszolidált állapotban

$$\tau = \bar{\sigma} \cdot \text{tg} \bar{\varphi}$$

$\bar{\varphi}$  csökken  $I_p$ -vel

kúszás jelensége

$\tau > \tau_0$  esetén lassú nyírási alakváltozás  
ez törésbe mehet át

túlkonszolidált agyagok

zárt rendszerben

mint az NC-agyagok, de

$c_u$  növekedik OCR-rel

nyílt rendszerben és konszolidált állapotban

$$\tau = \bar{\sigma} \cdot \text{tg} \bar{\varphi}_{OC} + \bar{c}_{OC}$$

$\bar{\varphi}_{OC}$  csökken  $I_p$ -vel,  $\bar{c}_{OC}$  nő OCR-rel

rideg viselkedés

törés után a nyírási alakváltozás miatt  
a reziduális nyírószilárdságra  
esik vissza az ellenállás

---

---

### ✱ Ellenőrző kérdések

---

- Mely tényezőket kell elemezni a talajtörés vizsgálatokor?
- Milyen analízissel ellenőrizné a puha agyagon épülő töltés alatti talajtörést az építésvégi és a végleges állapotra?
- Mit értünk modellező nyírószilárdsági vizsgálaton?
- Hogyan lehet triaxiális vizsgálattal meghatározni az agyagok hatékony feszültségekhez tartozó nyírószilárdságát?
- Mikor értékelhető a hatékony feszültségek alapján egy nyíróvizsgálat?
- Mit értünk megfolyósodáson és folyós homokon?
- Mi az oka annak, hogy zárt rendszerben az agyagok „súrlódásmentesnek” mutatkoznak?
- Milyen tényezőktől függ az agyagok  $c_u$  nyírószilárdságát?
- Miként kell értelmezni a normálisan konszolidált agyagok nyílt rendszerben észlelhető nyírószilárdságát?
- Milyen sajátos kedvezőtlen viselkedést mutatnak nyírásakor az előterhelt, illetve a normálisan konszolidált agyagok?

---

### ✱ Mintapéldák a Példatárból

---

- ◆ Az 1.38. példa egy homok triaxiális vizsgálatát mutatja be. Tanulmányozza át a feladatot!
- ◆ Az 1.39. példa egy agyag triaxiális vizsgálatát ismerteti. A homokkal szembeni különbségekre koncentrálni tekintse át!
- ◆ Az 1.40. példa egy közvetlen nyírókísérletet mutat be. Szánjon rá néhány percre!

---

### ✱ Gyakorló feladatok

---

- ☐ Egy talajt triaxiális készülékben, zárt rendszerű terheléssel vizsgáltak. Az 1. kísérletnél  $100 \text{ kN/m}^2$  cella-nyomás mellett  $80 \text{ kN/m}^2$  deviátorfeszültség okozott törést, miközben a pórúsvíznyomás  $30 \text{ kN/m}^2$  volt. A 2. vizsgálat ugyanezen adatai sorrendben  $200$ ;  $120$  és  $50 \text{ kN/m}^2$ . Adjuk meg mind a teljes, mind a hatékony feszültségekhez tartozó nyírószilárdsági paramétereiket!
- ☐ Egy homok közvetlen nyírásakor  $\sigma=400 \text{ kN/m}^2$  normál- és  $\tau=230 \text{ kN/m}^2$  nyírófeszültség okozott törést. Mekkora lehet a talaj belső súrlódási szöge és kohéziója, mekkorák és milyen irányúak voltak a töréskor a főfeszültségek?

---

## D.4.

### A talajok alakváltozásának törvényszerűségei

---

#### ✱ Témavázlat

---

##### ☒ Az alakváltozások okai és számításának alapelvei

- az alapok süllyedése =  
az általaj függőleges összenyomódásának összege
- a függőleges összenyomódás komponensei
  - a talaj tömörödése
  - a szemcsék saját összenyomódása
  - a harántkontrakció
- számítási modellek
  - lineáris alakváltozási állapot elfogadása
  - közelítés=nincs oldalirányú kitérés
  - előny:
    - nem kell vízszintes feszültségekkel számolni
    - azonos az ödométeres laborvizsgálattal
    - a mérnöki gyakorlat általában ezt alkalmazza
  - térbeli alakváltozás figyelembevétele
  - a Hooke-törvény szerint
  - számítógépes programokban újabban gyakori az azonnali összenyomódások számítására
- terhelés-idő-alakváltozás kapcs. elválasztott vizsgálata
  - állandó terhelés mellett
  - az alakváltozás időbeli alakulása
  - „elég hosszú” időt tekintve
  - az alakváltozás és a terhelés összefüggése

---

##### ☒ Az összenyomódás időbeli alakulása

- az összenyomódás részei, szakaszai
  - azonnali (kezdeti) összenyomódás
  - konzolidációs összenyomódás
  - másodlagos összenyomódás (kúszás)
- azonnali összenyomódás
  - telítetlen talajban
    - levegő összenyomódása
    - harántkontrakció
  - telített talajban
    - harántkontrakció
      - Hooke-törvénnyel számítható
      - (zárt rendszerű triaxiális vizsgálatból meghatározott  $E_u$  rugalmassági moduluszal és a térfogatállandóságnak megfelelő  $\mu=0,5$  Poisson tényezővel)

- konszolidációs összenyomódás
    - egydimenziós konszolidáció elmélete Terzaghi
    - feltevések
      - $S_r=1, E_v=E_{sz}=\infty, v_s=v_s(z)=k \cdot I_s,$
      - $\sigma_z \neq f(z), \sigma_z = \bar{\sigma}_z + u, \varepsilon_z = \bar{\sigma}_z / E_s, \varepsilon_x = \varepsilon_y = 0$
    - konszolidációs összefüggések
    - ld. a D2. témavázlatot
    - végeredmény
      - az elméleti konszolidációs görbe
      - $\kappa \dots T$  kapcsolat Geotechnika 4.11. ábra
      - alkalmazási lehetőségei
      - az elmélet megbízhatósága
      - becslés értékű
      - süllyedésmérések szükségessége
    - bonyolultabb peremfeltételek
      - lineárisan növekvő terhelés
      - mélységgel változó fes. ill. alakváltozás
      - térbeli szivárgás
      - megoldások a Példatár 4.8.3. fejezetben
  - másodlagos összenyomódás
    - kúszás jellegű, lassuló sebességű
    - törvénye szemilogaritmikus kapcsolat
    - $\varepsilon - \varepsilon_0 = C_\alpha \cdot \ln(t/t_0)$
    - gyakorlati jelentősége
- 

#### ☒ A feszültség-alakváltozás kapcsolat

- az „elég hosszú” alakváltozási idő értelmezése
  - kompressziós görbe
    - $\sigma_z \dots \varepsilon_z$  kapcsolat lineáris alakváltozási állapotban
    - egyre kevésbé összenyomódó („javuló”) talaj
  - matematikai közelítés
    - linearizálás
    - szemilogaritmikus összefüggés
    - hatványfüggvény
  - lineáris  $\sigma_z \dots \varepsilon_z$  kapcsolat
    - a vizsgált zónában a terhelések nyomán
    - kialakuló feszültségtartományban
    - $\varepsilon_z = \sigma_z / E_s$
    - $E_s$  összenyomódási modulus
    - ( $\neq$  rugalmassági modulus !)
  - szemilogaritmikus összefüggés
    - a teljes feszültségtartományra
    - $e - e_0 = C \cdot \ln(\sigma_z / \sigma_0)$
    - az előterheltség megjelenése
    - C index =  $C_C$  vagy  $C_s$
-

---

### ☒ Az alakváltozási paraméterek meghatározása

- ödométeres berendezés
  - ödométergyűrű
  - terhelőállvány
- vizsgálati eljárás
  - mintakészítés
  - feszültségi lépcsők
  - leolvasási időpontok
  - terhelési időtartam
- konszolidációs és kúszási paraméterek meghatározása
  - $\Delta h \dots \ln t$  kapcsolat ábrázolása
  - a konszolidációs összenyomódás leválasztása az elméleti konszolidációs görbe alkalmazása
  - $c_v$  meghatározása
  - a kúszási törvény alkalmazása
  - $C_\alpha$  meghatározása
- kompressziós talajparaméterek meghatározása
  - $\varepsilon_z \dots \sigma_z$  görbe célszerű terhelési időre
  - linearizálás célszerű fesz. tartományra
  - $E_s$  „hajlás” meghatározása
  - $e \dots \ln \sigma_z$  kapcsolat ábrázolása
  - linearizálás=kiegyenlítés
  - $C$  „hajlások” meghatározása

---

### ✱ Ellenőrző kérdések

- Melyik a talajok alakváltozásának legfontosabb oka?
  - Milyen időbeli szakaszai vannak az összenyomódásnak?
  - Milyen okok miatt nevezzük egydimenziósnek Terzaghi konszolidációs elméletét?
  - Hányszor több időre van szükség egy háromszoros vastagságú réteg ugyanolyan fokú konszolidálódásához?
  - Miért szabad csak becslésnek tekinteni a konszolidációszámítást?
  - Mely talajok és milyen építési feladatok esetén lehet szükség a másodlagos összenyomódás becslésére?
  - Milyen feszültségtartományban szabad linearizálni a kompressziós görbét?
  - Mi a különbség a rugalmassági és az összenyomódási modulus értelmezése között?
  - Mi az  $e \dots \ln \sigma_z$  görbe „megtörésének” az oka?
-



---

### ✿ Mintapéldák a Példatárból

---

- ◆ Az 1.42. példa linearizált kompressziós görbével, azaz összenyomódási modulussal mutatja be az alakváltozás számítását. Tanulmányozza át alaposan a feladatot!
  - ◆ Az 1.43. példa a szemilogaritmikus alakváltozási törvény alkalmazását ismerteti. Szánjon egy kis időt az átnézésre!
  - ◆ Az 1.44. példa a konszolidáció becslését mutatja be. Gondosan nézze végig !
  - ◆ Az 1.45. példa a másodlagos összenyomódás matematikai kezelését érzékelteti. Szaladjon végig rajta!
  - ◆ Az 1.46. példa egy ödométeres vizsgálat konszolidációs és kúszási eredményeit értékeli. Tekintse át!
  - ◆ Az 1.47. példa egy ödométeres vizsgálat kompressziós eredményeinek feldolgozását mutatja be. Alaposan vegye át!
- 

### ✿ Gyakorló feladatok

---

- ☐ Egy 4 m vastag, félig zárt rétegből vett 2 cm vastag, mindkét oldalán nyitott minta konszolidációs vizsgálata során a 90%-os konszolidációhoz 10 óra kellett. Mennyi idő alatt éri el ugyanezt a konszolidációs fokot a réteg?
- ☐ Egy talajminta kompressziós vizsgálatakor  $100 \text{ kN/m}^2$  függőleges nyomás 3%,  $300 \text{ kN/m}^2$  feszültség 5% függőleges fajlagos összenyomódást okozott. Mekkora ebben a terhelési tartományban a talaj összenyomódási és rugalmassági modulusa, ha 0,35-re becsülhető a Poisson-tényezője?
- ☐ Egy talajminta kompressziós vizsgálatának eredményei:

$\sigma_z$	$\text{kN/m}^2$	50	100	200	400
$\varepsilon_z$	%	1,2	2,0	3,0	4,5

A minta egy 2,2 méter vastag, 1,5 m takarású rétegből származik, s a talajvíz szintje éppen megegyezik a réteg tetejével. A fedőréteg átlagos sűrűsége  $1,8 \text{ g/cm}^3$ , a rétegé  $2,0 \text{ g/cm}^3$ . Egy tervezett alapról a réteg tetején 250, közepén 180, alján  $120 \text{ kN/m}^2$  függőleges feszültség keletkezik. Mekkora lesz a réteg e három pontjában a függőleges fajlagos összenyomódás, és mekkora a réteg teljes összenyomódása?

---



## E

### Földsztatikai alapfeladatok

#### ✱ Bevezető áttekintés

E fejezet a geotechnikai tervezésnél használatos, legfontosabb

#### **méretezési eljárások elméleti alapjait**

mutatja be, melyeket a talajmechanika klasszikus témaköreiként is szokás emlegetni. Az előző fejezetre és a Mechanika tárgyban tanult ismeretekre támaszkodva nem lesz nehéz ezt elsajátítani, ugyanakkor csakis ezek biztos tudásával, tiszta, világos fogalmakban gondolkodva érhet célt. Itt most csak a „steril” elméleti megoldásokkal foglalkozunk, gyakorlati alkalmazásukra a következő félévben, a földművek és az alapozások tervezésének tárgyalásakor kerül sor.

Az „elméleti” tananyagot

#### **a Geotechnika jegyzet 5. fejezete,**

#### **a Példatár és**

#### **a jelen témavázlat**

alapján tanulhatja, e vázlatunk az előbbieknél részletesebb.

Ezt követően tudásának felméréséhez

#### **ellenőrző kérdéseket**

állítottunk össze, melyek elsősorban a megértést vizsgálják.

Kidolgozott számításokat ajánlunk

#### **a Példatár I. kötetének 2.a. és 2.b.**

#### **II. kötetének 3.a. fejezetéből,**

melyeken keresztül egyrészt jobban megértheti az elméleti tananyagot, másrészt útmutatást kaphat a házi feladatok elkészítéséhez.

A témakörben

#### **3 házi feladatot**

kell elkészítenie. Ehhez az alkalmazandó elméletek részletesebb bemutatása után, tapasztalataink szerint elegendő segítséget ad a Példatár, ezért itt csak viszonylag rövid útbaigazítást adunk, és természetesen - ha igényli - egyéni konzultációs segítséget is kaphat. Elsőként azonban mindenképpen az elméleti ismereteket kell elsajátítani.

---

## E.1.

### A földnyomások meghatározása

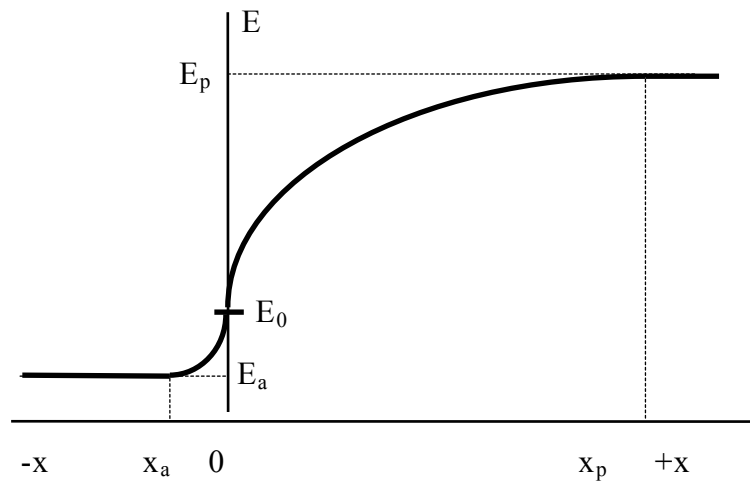
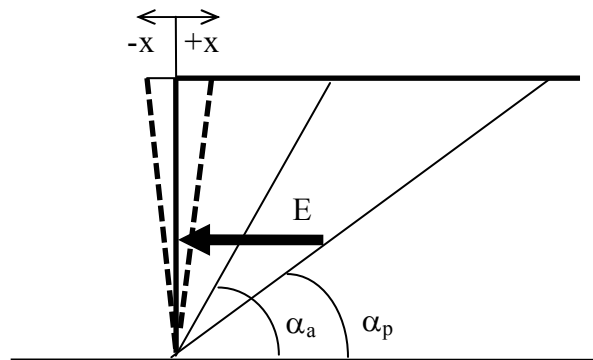
---

#### ✿ Témavázlat

---

#### ☒ A földnyomás fajtái, kialakulása

- Terzaghi modellkísérlete
  - homoktalaj
  - alsó sarokpont körül billenő fal
  - mozgás- és földnyomásmérés



- más kísérletek
  - hasonló eredmények

- a falmozgás és a földnyomás kapcsolata  
nincs falmozgás  $\Rightarrow$  nyugalmi állapot  
a nyírószilárdság csak részben mobilizálódik  
a kezdeti feszültség hat

nyugalmi nyomás	$\sigma_{x0} - E_0$
-----------------	---------------------

- talajtól elmozduló fal  $\Rightarrow$  aktív állapot  
a nyírószilárdság mobilizálódik  
csökken a nyomás

aktív földnyomás	$\sigma_{xa} - E_a$
------------------	---------------------

- talaj felé mozduló fal  $\Rightarrow$  passzív állapot  
a nyírószilárdság mobilizálódik  
nő a földellenállás

passzív földnyomás	$\sigma_{xp} - E_p$
--------------------	---------------------

- határelmozdulások

átlagosan a fal tetején

aktív állapotban  $x_a \approx H/300$

passzív állapotban  $x_p \approx H/5$

pontosabban

a falmozgás típusától és a tömörségtől is függ  
tapasztalati adatok

lásd Példatár 4.3.3. pont

következmény a gyakorlat számára

aktív határállapot feltételezhető

mert  $x_a$  általában megengedhető

passzív határállapotra nem számíthatunk

mert  $x_p$  általában nem engedhető meg

- földnyomási határértékek

jellemző arányaik

$$E_a : E_0 : E_p = 0,5 : 1 : 5$$

meghatározásukat lásd a továbbiakban

- földnyomás a nyugalmi és a határállapotok között

a mozgás mértékétől függően

hatványfüggvénnyel írható le

lásd Példatár 4.3.3.pont

- a mobilizált talajzóna határa

aktív állapotban

a csúszólap vízszintessel bezárt szöge

$$\alpha_a = 45 + \varphi/2$$

passzív állapotban

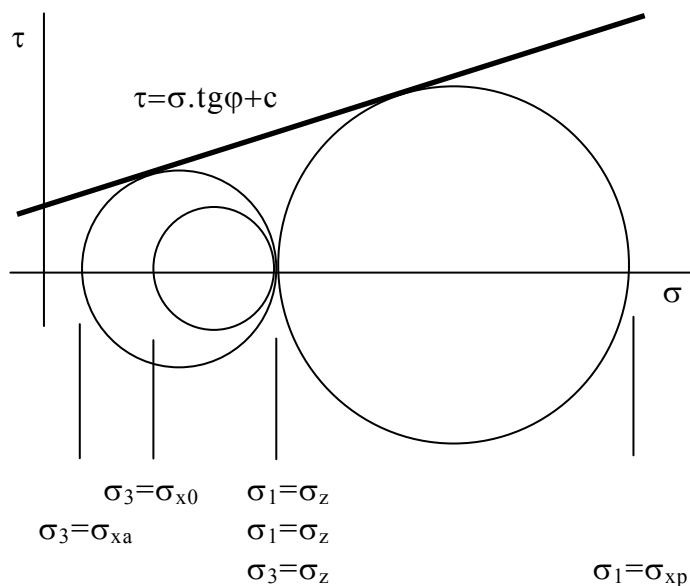
a csúszólap vízszintessel bezárt szöge

$$\alpha_p = 45 - \varphi/2$$

## ☒ A földnyomások meghatározása

### a Rankine-féle feszültségekből

- feszültségállapot-változások a fal egy pontja mögött



- függőleges feszültség állandó

$$\sigma_z = z \cdot \rho \cdot g$$

p (a teljes területen) megoszló terhelés esetén

$$\sigma_z = p + z \cdot \rho \cdot g$$

- nyugalmi feszültség

a nyírószilárdság csak részben mobilizálódott  
(Mohr-kör a Coulomb-egyenes alatt)

$$\sigma_z = \sigma_1 \quad \sigma_x = \sigma_3$$

$$\sigma_{x0} = \sigma_z \cdot K_0$$

$$K_0 = 1 - \sin\varphi$$

(lásd kezdeti feszültségi állapot)

- aktív feszültség

a törési állapot eléréséig, a nyírószilárdság teljes mobilizálódásáig csökkenhet a vízszintes feszültség

$$\sigma_z = \sigma_1 \quad \sigma_{x0} = \sigma_3$$

főfeszültségek töréskori kapcsolatát alkalmazva

$$\sigma_{xa} = \sigma_z \cdot \operatorname{tg}^2(45 - \varphi/2) - 2 \cdot c \cdot \operatorname{tg}(45 - \varphi/2)$$

$$\sigma_{xa} = (z \cdot \rho \cdot g + p) \cdot K_a - 2 \cdot c \cdot \sqrt{K_a}$$

aktív földnyomás szorzója

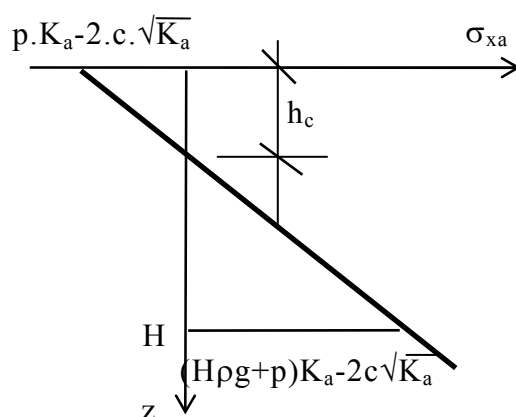
$$K_a = \operatorname{tg}^2(45 - \varphi/2)$$

kohéziós talaj esetén képlet szerint

$$\sigma_{xa} < 0$$

$$z = h_c = \frac{2c}{\rho \cdot g} \cdot \text{tg}(45 + \varphi/2) - \frac{p}{\rho \cdot g} \quad \text{mélységig}$$

$$\sigma_a = 0 \quad \text{veendő számításba}$$



- passzív feszültség

a törési állapot eléréséig, a nyírószilárdság teljes mobilizálódásáig növekedhet a vízszintes feszültség

$$\sigma_z = \sigma_3 \quad \sigma_{xp} = \sigma_1$$

főfeszültségek töréskori kapcsolatát alkalmazva

$$\sigma_{xp} = \sigma_z \cdot \text{tg}^2(45 + \varphi/2) - 2c \cdot \text{tg}(45 + \varphi/2)$$

$$\sigma_{xp} = (z \cdot \rho \cdot g + p) \cdot K_p + 2c \cdot \sqrt{K_p}$$

passzív földnyomás szorzója

$$K_p = \text{tg}^2(45 + \varphi/2)$$

- földnyomási eredő erő számítása  $z=H$  mélységre  
az eredő nagysága az eredő hatásvonalának magassága  $H$  felett

$$E = \int_0^H \sigma_x \cdot dz \quad h = \frac{1}{E} \cdot \int_0^H \sigma_x \cdot (H - z) \cdot dz$$

pl. aktív nyomás esetén

$$\text{ha } h_c < 0, \quad \text{azaz } p \cdot K_a > 2c \cdot \sqrt{K_a}$$

$$E_a = \frac{1}{2} \cdot H^2 \cdot \rho \cdot g \cdot K_a + p \cdot H \cdot K_a - 2c \cdot H \cdot \sqrt{K_a}$$

$$h = \frac{H}{3} \cdot \frac{H \cdot \rho \cdot g \cdot K_a + 3 \cdot p \cdot K_a - 6 \cdot c \cdot \sqrt{K_a}}{H \cdot \rho \cdot g \cdot K_a + 2 \cdot p \cdot K_a - 4 \cdot c \cdot \sqrt{K_a}}$$





- megoldások valóságos peremfeltételekre
  - a) szemcsés talaj, térszíni megoszló terhelés, ferde fal, ferde térszín, falsúrlódás,
    - ( $\varphi \neq 0$ ,  $c=0$ ,  $p \neq 0$ ,  $\beta \neq 90$ ,  $\varepsilon \neq 0$ ,  $\delta \neq 0$ )
    - megoldás
      - Coulomb szerint elvégezhető
      - $E_a = f(\alpha)$  analitikusan előállítható
      - szélső érték analitikusan meghatározható
      - eredmény
        - $E_a$  képlet mint Coulombnál, de
        - $K_a = f(\beta, \delta, \varepsilon, \varphi)$  bonyolult
        - lásd a Példatár 2.5. feladatában
        - $\alpha$ ,  $E_a$ ,  $K_a$  képleteit
      - jelentősége
        - egyszerűbb a további módszereknél
        - gyakran használható
        - (támfalak, hídfők háttöltése szemcsés anyagból készül)
    - b) mint előbb, de  $c \neq 0$ 
      - megoldás
        - Coulomb elvén Gross 1981-ben adta meg kimutatta:
          - a mértékadó csúszólap hajlása a kohéziótól is függ
          - hibás a korábbi szokás:
            - a Rankine-képlet alkalmazása az előbbi  $K_a$  szorzóval
        - eredmény
          - lásd a Példatár 2.6. feladat „fő” képleteit
        - jelentősége
          - csaknem minden esetre alkalmazható
      - c) általános eset
        - (a peremfeltételek tetszőlegesek: pl. berepedésben víznyomás, parciális terhek)
        - megoldás
          - a Coulomb-elv alkalmazása
          - az  $E_a = f(\alpha)$  függvényt több csúszólap felvételével grafikusán állítjuk elő
          - a földnyomás maximuma a görbéről
          - lásd a Példatár 2.7. ábráját
        - jelentősége
          - bármely esetre alkalmazható
  - megjegyzés:
    - számos további módszer a szakirodalomban
    - grafosztatikai eljárások
    - földnyomási táblázatok
    - jelentőségük csökkent (számítógép)

- a földnyomás támadáspontja  
 probléma
    - statikailag határozatlan a feladat,  
 csak közelítő megoldások lehetségesek
    - megoldási lehetőségek
      - a. Rankine-féle földnyomások eloszlása  
 alapján felvenni a hatásvonalat  
 lásd pl. a Példatár 2.5. feladatát
      - b. a földnyomási összetevők eloszlására tett  
 feltevésekből számítjuk az eredő  
 földnyomás támadáspontját  
 lásd a Példatár 2.7. feladatát
      - c. „első” közelítésként  
 berepedés esetén  

$$h \approx (H - h_c) / 3$$
 terhelt felszín, kohézió és más bonyolult  
 peremfeltételek esetén  

$$h \approx H / 3$$
- 

**☒ A passzív földnyomás meghatározása  
 a Coulomb-féle ékelmélet alapján**

- eltérések az aktív földnyomástól
    - ellenkező irányú a falon a súrlódás, valamint  
 a csúszólapon a kohézió és a súrlódás
    - kohéziós talajban a csúszólap összetett  
 alul görbe, majd átmegy síkba
  - megoldások
    - a. egyszerűbb peremfeltételek mellett  
 közelítésként, elméletileg kifogásolhatóan  
 a Rankine-féle földnyomás analógiájára  

$$e_p = z \cdot \rho \cdot g \cdot K_p + 2 \cdot c \cdot \sqrt{K_p}$$
      - a)  $K_p$  sík csúszólap alapján levezetve  

$$K_p = f(\beta, \delta, \varepsilon, \varphi)$$
 mint az aktív földnyomásnál  
 lásd a Példatár 3.29. feladatában
      - b)  $K_p$  görbe csúszólapos szerkesztésekből  
 földnyomási táblázatokból  
 lásd pl. a Példatár 4.3.2. fejezetét
    - b. bonyolult peremfeltételekre  
 összetett csúszólapok felvételével  
 az  $E_p = f(\alpha)$  fv. grafikus előállítása  
 szélső értékének keresése  
 mint aktív földnyomásra a 2.7. példa
-

---

### ✿ Ellenőrző kérdések

---

- Mekkora falbillenés kell az aktív és mekkora a passzív határállapot eléréséhez? Mi ennek a gyakorlati jelentősége?
- Hogyan viszonyulnak egymáshoz a különböző földnyomások?
- Miért nevezik a passzív földnyomást földellenállásnak is?
- Mekkora a nyugalmi földnyomás?
- Milyen összefüggésekből eredeztethetők a Rankine-féle földnyomási képletek?
- Mi a Coulomb-féle megoldás gondolatmenete?
- Mi az azonosság és mi a különbség az aktív földnyomás meghatározására szolgáló grafosztatikus és analitikus módszerek között?
- Mik a legegyszerűbb lehetőségek a földnyomás támadáspontjának felvételére?
- Vázolja fel, milyen alakú és milyen erővel terhelt földéket vizsgálna a passzív földnyomás meghatározására!

---

### ✿ Mintapéldák a Példatárból

---

- ◆ A 2.1. példa a függőleges feszültségek és a nyugalmi nyomások számítását mutatja be.
  - ◆ A 2.3. példában az aktív Rankine feszültségek számítását lehet tanulmányozni.
  - ◆ A 2.5. példa a szemcsés talajok esetében alkalmazható, a földék elméleten alapuló számítási eljárást mutatja be az aktív földnyomás meghatározására.
  - ◆ A 2.6. példában a kohéziós talajok aktív földnyomásának számítására is alkalmazható, szintén a földékelméletből levezetett eljárást tekintheti át.
  - ◆ A 2.7. példa az aktív földnyomás grafikus meghatározását mutatja be. Mivel ennek lényegét az „elmélet” tanulásakor már át kellett tekintenie, s ennek alapján kell majd elkészítenie a 2. házi feladatot, most ne foglalkozzon ezzel!
  - ◆ A 2.8. példa a passzív földnyomásnak a földék elméleten nyugvó, de a Rankine-képletekhez hasonlóan használható meghatározási lehetőségeit vázolja. Röviden fussa át!
-

---

### ✱ Házi feladat

---

- A **feladatlap** a 8. oldalon található. A geometriai viszonyokat egy 1:100 vagy 1:50 léptékű rajzban ábrázolja, éspe dig a rajzlap bal felső sarkában.
  - A feladat - mint már említettük - lényegében azonos a **Példatár 2.7. feladatával**, csak most nincs koncentrált térszíni terhelés. A megoldás menete, a szerkesztés elrendezése, a kidolgozás is követheti a Példatárat, de természetesen egyéni elképzelései szerint is dolgozhat, ha azok tartalmilag jók.
  - A mérethelyes rajzon először a berepedés mélységét határozza meg, s jelölje be. Ezután kezdheti a **csúszólapok** felvételét. 4-5 csúszólappal próbálkozzon, de nem ezek **száma** fontos, hanem a **földnyomás-csúszólaphajlás** kapcsolat maximumhelyének meghatározása. Úgy vegye fel tehát az  $\alpha$  szögeket, hogy a **görbe** felmenő és leszálló ágán is legalább 2-2 pontja legyen. A **földnyomás támadáspontját** a Példatárénál egyszerűbben is felveheti, ahogy azt a témavázlatban ajánlottuk.
  - A **számítások** során az egyes földékekre ható erőket a lemérhető adatokból egyszerűbben is meghatározhatja, hiszen a végeredményt is méréssel fogja meghatározni. A keresett görbe pontjai ennek megfelelően kissé szórhatnak is, az nem feltétlenül hiba, hiszen van a leolvasásoknak egy bizonyos pontatlansága. A pontokat kiegyenlítve rajzolja be a görbét.
  - Az **ábrázolás** során az alapábra és a vektorsokszögek léptékét a lehető legnagyobbra vegye fel, utóbbiaké esetleg változó is lehet. Amint eldöntötte a léptéket írja az ábra mellé, hogy mindig szem előtt legyen, nehogy az adat-felvitelnél, vagy a leolvasásnál hibázzon. Gondosan válassza meg az  $E_a$  és  $\alpha$  koordinátatengelyek **beosztását** is, metszés-pontjuknak nem kell a zérusoknál lenni. Az erővektorok ábrázolásakor azonnal jelölje be az irányt is, ennek elmaradása gyakran vezet hibához.
  - A tapasztalat szerint **konzultáció nélkül is** elkészíthető a feladat, de természetesen egy személyes egyeztetés sokat segíthet.
  - A **beadandó munka** rendezett, jól áttekinthető legyen. Nem követelmény azonban a tussal való kihúzás és a szabványírás. Legyenek viszont kiemelve a fontos vonalak, az erők és a végeredmény. A számításokat is értelmezhető formában (ne mint egy rejtvényt) mellékelje!
-

---

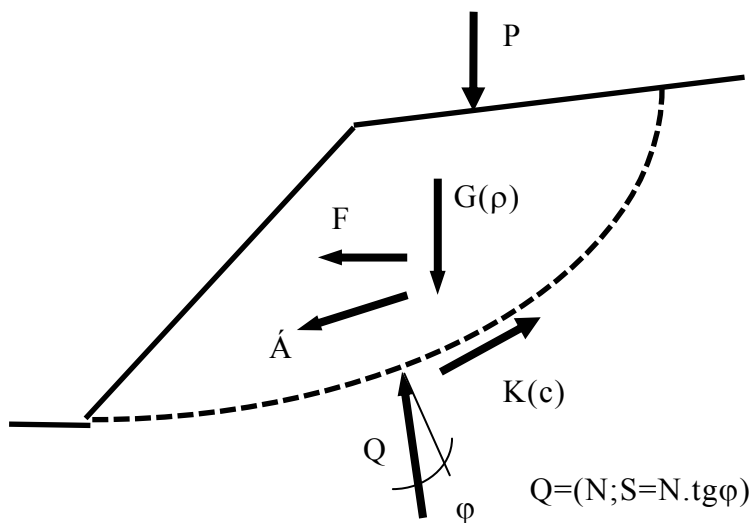
## E.2.

### Rézsűk állékonyságvizsgálata

---

#### \* Témavázlat

#### ☒ A rézsűállékonyság problematikája



- a jelenség  
a rézsű egy felület mentén lefelé elmozdul
- a csúszások oka  
csúszólap mentén  
nyírófeszültség = nyírószilárdság
- a biztonság a csúszással szemben

$$n = \frac{\tau_m(\text{meglévő})}{\tau_s(\text{szükséges})}$$

$\tau_m(\text{meglévő})$  a csúszólapon

rendelkezésre álló nyírószilárdság

$\tau_s(\text{szükséges})$  a csúszólapon az egyensúlyhoz

szükséges nyírószilárdság = működő nyírófeszültség

- csúszólap

fogalma

törési állapotú pontokat összekötő felület

a törési síkokat érintő felület

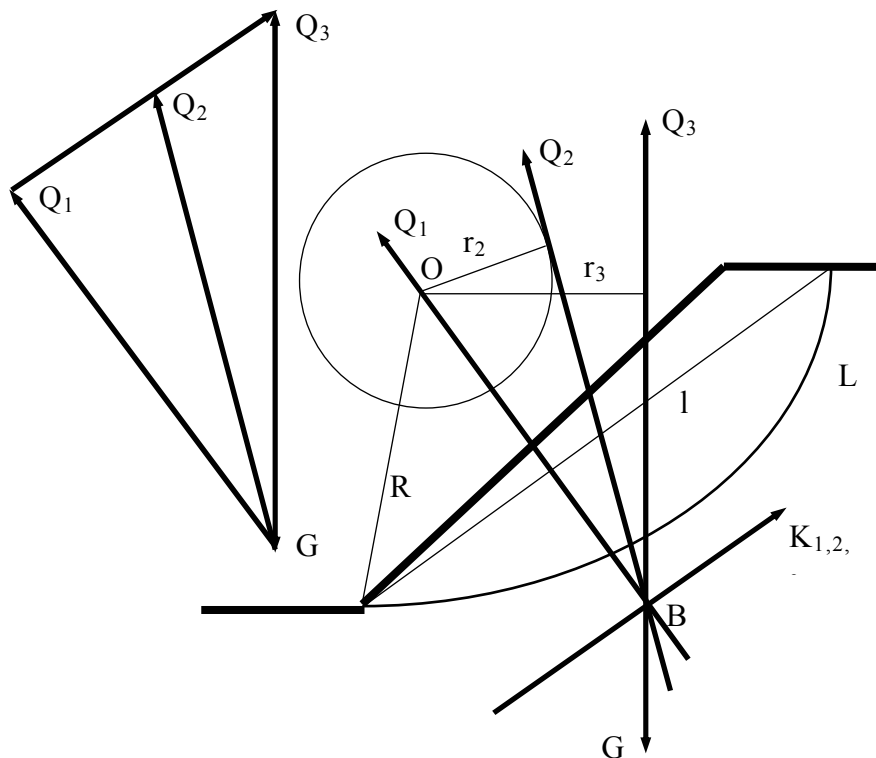
térbeli felület, de a biztonság javára közelítve

általában csak egy metszetét vizsgáljuk

- alakja
- geometria alapján
    - meredek részsű talpponti
    - lapos részsű alámetsző
  - talajfajta szerint
    - agyag - kör
    - homok - logaritmikus spirális
    - rétegzett - összetett (egyenes, görbe)
  - beépült ill. határoló szerkezetek
    - összetett görbe ezekhez igazodóan
  - nyírófeszültség eredete
    - föld önsúlya (G) + felszíni terhelések (P)
    - áramlási erő (Á) + földrengés (F)
  - nyírószilárdság
    - Coulomb-törvény szerint
    - kohézió és súrlódás
    - hatékony v. teljes feszültségek alapján számolva
  - az állékonyságvizsgálat célja
    - adott geometriájú, terhelésű,
    - rétegzettségű, nyírószilárdságú részsű
    - csúszással szembeni biztonságának meghatározása
  - az állékonyságvizsgálati módszerek alapelve
    - az alábbiak ismételtetése
    - a legkisebb biztonság megtalálásáig
    - 1. csúszólapfelvétel
    - 2. a lecsúszó földtestre ható erők felvétele
    - 3. egyensúlyvizsgálat
    - 4. egyensúlyhoz szükséges
      - nyírószilárdság meghatározása
    - 5. a csúszólaphoz tartozó
      - biztonság meghatározása
  - a vizsgálati módszerek
    - fő jellemzők, alkalmazási feltételek és módok

módszer neve	súrlódó-körös	tömb-csúszásos	lamellás
csúszólap alakja	kör	egyenesekből összetett	tetszőleges
földtömeg osztása	1 merev test	3 merev test	sok lamella
talaj-viszonyok	homogén	rétegzett	tetszőleges
geometria és körülmények	egyszerű	egyszerű	tetszőleges
alkalmazás módja	szerkesztés grafikonok	szerkesztés	szerkesztés számítógép
mintapélda a Példatárban	2.19.	2.17.	2.20.

## ☒ A súrlódó körös állékonyságvizsgálat



- a lecsúszó földtömeg (egységnyi hosszára) ható erők e súlyerő  $G$

a felület, a sűrűség és  $g$  szorzata

kohéziós erő  $K_i$

az elemi kohéziós erők eredője

nagysága a vektoriális összegzés szerint

a  $c_i$  kohéziótól függően

$$K = c_i \cdot l$$

hatásvonala a középpontra írt nyomatékból

$$z = \overline{OB} = R \cdot \frac{L}{l}$$

csúszólapreakció  $Q_i$

az elemi normál- és súrlódási erők eredője

nagysága ismeretlen

iránya

érinti a  $\varphi_i$ -től függő

$$r_i = R \cdot \sin \varphi_i$$

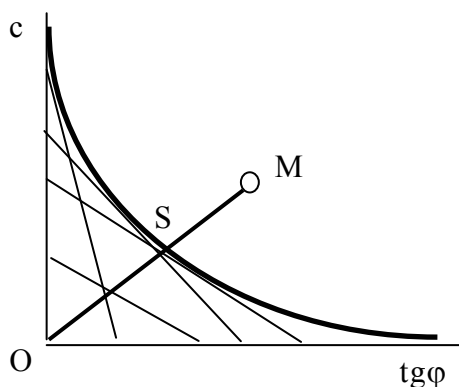
sugarú súrlódó köröket

(mivel  $N$  a kör középpontjába mutat,

míg  $S_i = N \cdot \tan \varphi_i$  a törési állapot okán)

egyéb erők is lehetnek

- az egyensúlyi követelményekből
  - a)  $G$ ,  $K_i$  és  $Q_i$  egy pontban messék egymást  
 $\Rightarrow Q_i$  erő  $G$  és  $K$  metszéspontjából indul  
 és érinti a különböző súrlódó köröket
  - b)  $G$ ,  $K_i$  és  $Q_i$  zárt vektorsokszöget alkot  
 $\Rightarrow$  meghatározható valamely  $Q_i$  mellett  
 mekkora  $K_i$  erő kell
- eredmény
  - milyen összetartozó
    - $\varphi_i$  belső súrlódási szögek és  $c_i$  kohéziók
    - biztosítanak egyensúlyt a vizsgált csúszólap esetén
- az eljárás ismételtetése más csúszólapokkal
- végeredmény
  - különböző csúszólapon történő lecsúszást meggátló
  - összetartozó  $\varphi_i \dots c_i$  nyírószilárdsági paraméterek
  - grafikus képük egyenes
  - az egyenesek burkolója ábrázolja
  - a rézsű egyensúlyát biztosító összetartozó  $\varphi$ - $c$  értékeket



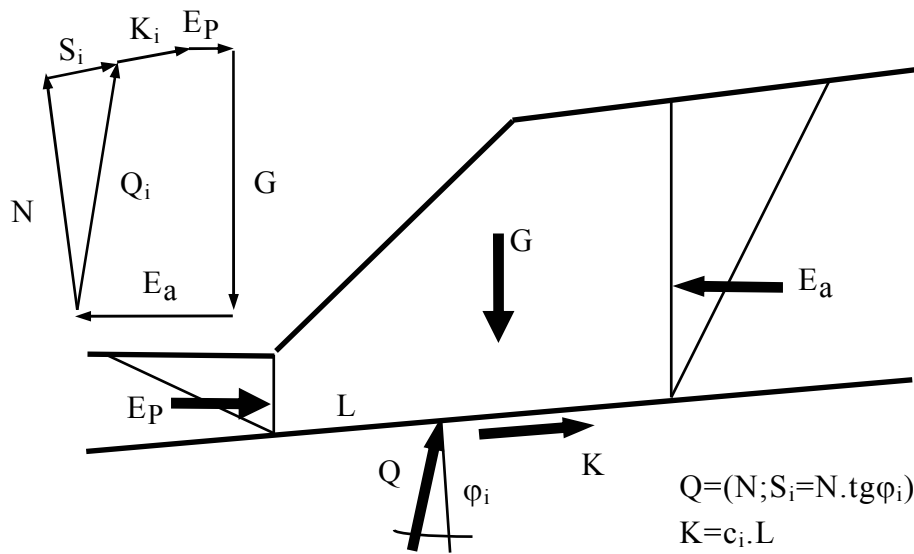
- a biztonság

$$n = \frac{\tau_m}{\tau_s} = \frac{tg\varphi_m}{tg\varphi_s} = \frac{c_m}{c_s} = \frac{OM}{OS}$$

- azonos biztonság  $\varphi$ -re és  $c$ -re
- más követelmény is lehetséges
  - pl.  $c$ -re 1,5-ször nagyobb biztonság, mint  $\varphi$ -re
- áramló víz hatása
  - figyelembevételére kétféle lehetőség
    - a) a csúszólapon ható
      - víznyomások eredőjét adjuk  $G$ -hez
      - (lásd a Példatár 2.19. feladatát)
    - b) a csúszó földtömeg víz alatt lévő részére ható
      - felhajtóerőt és áramlási erőt adjuk  $G$ -hez
      - (lásd az elvet a 2.18. feladatban)
  - eredménye
    - a biztonság csökken
    - kisebb a normál-, s ezért a súrlódási erő is
    - (nyírószil. csökkenése a semleges fesz. miatt)



## ☒ A tömbcsúszásos állékonyságvizsgálat



- csúszólap felvétele = a két függély kijelölése  
a passzív oldali általában rögzített az ábra szerint  
az aktív oldalit változtatjuk
- a módszer lényege  
a lecsúszó földtest bontása aktív-középső-passzív zónára  
egyensúlyvizsgálat csak a középső zónára  
a passzív zónára a középső a passzív földnyomással hat,  
ill. fordítva az a középsőt ezzel támasztja meg  
az aktív zóna a középsőt az aktív földnyomással terheli,  
ill. fordítva az ezzel támasztja meg  
a középső csúszólapszakaszon való elcsúszás elleni  
biztonságot határozzuk meg, de eleve beépíthető  
a földnyomásokba is biztonság
- a középső zónára ható erők felvétele  
súlyerő  $G$   
a trapéz felülete, a sűrűség és  $g$  szorzata  
passzív földnyomás  $E_p$   
pl. Rankine szerint  
aktív földnyomás  $E_a$   
pl. Rankine szerint  
kohéziós erő  $K_i$   
 $c_i$ -től függően az ábra szerint  
csúszólapreakció  $Q_i$   
 $\varphi_i$ -től függően az ábra szerint
- az egyensúlyvizsgálat és a biztonság meghatározása  
azonos a súrlódó körös módszerével  
(lásd még a 2.17. feladatot a Példatárban)
- víz hatása  
elv mint a súrlódó körös módszernél  
lásd a 2.18. feladatot a Példatárban

## ☒ A lamellás állékonyságvizsgálatok

- elv

a földtömeget függőlegesekkel lamellákra osztjuk  
az egyensúlyvizsgálatot lamellánként végezzük  
egyebekben a módszer az előbbiekhöz hasonló

- a felosztás szabályai

lamellák száma  $Y$

több lamella-pontosabb eredmény-több munka

8-12 lamella ajánlható

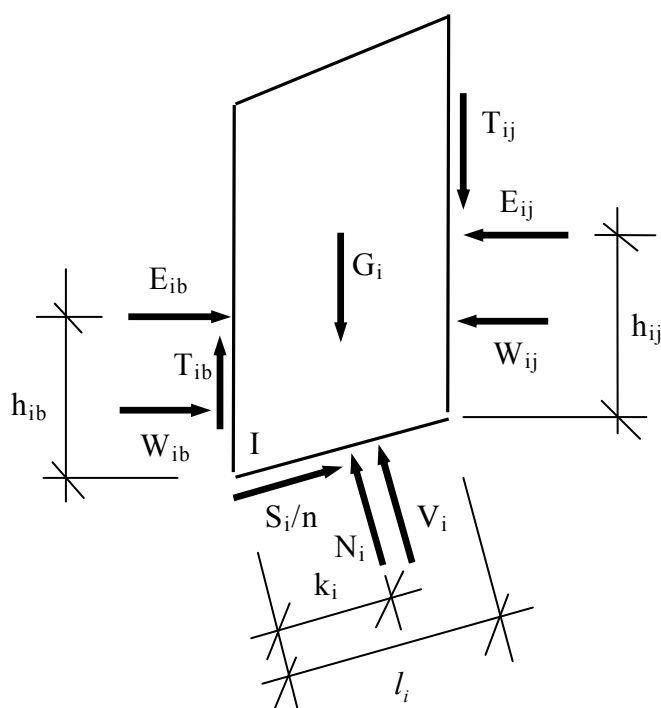
osztásvonalat kötelező felvenni

a csúszólap és réteghatárok metszéspontjánál

osztásvonalat célszerű felvenni

az alakzat, a terhelés változásánál

- egy lamellára ható erők



- ismert (számítható) erők egy lamellán

$G_i$	súlyerő nagysága és hatásvonala számítható a méretekből
$W_{ib}$ és $W_{ij}$	víznyomások az oldalfalakon nagysága és hatásvonala számítható az áramképből
$V_i$	víznyomás a csúszólapon nagysága és hatásvonala számítható az áramképből
?	egyéb erők pl. felszíni terhelés, $G_i$ -vel összegezzük

- ismeretlen erők egy lamellán

csúszólapon ható erők

$N_i$  normálerő nagysága

$k_i$  normálerő helye

$S_i/n$  nyírási ellenállás  
biztonsággal osztott nagysága

földnyomások a szomszédos lamellákról

$E_{ib}$  és  $E_{ij}$  vízszintes komponensek nagysága

$T_{ib}$  és  $T_{ij}$  függőleges komponensek nagysága

$h_{ib}$  és  $h_{ij}$  hatásvonaluk helye

- egyenletek egy lamellára

2 vetületi egyenlet

$\sum P_{iz} = 0$  függőleges vetületi egyenlet  
(lehet normálerő irányú vetület is)

$\sum P_{ix} = 0$  vízszintes vetületi egyenlet  
(lehet csúszólap irányú vetület is)

1 nyomatéki egyenlet

$\sum M_i^I = 0$  nyomaték az I sarokpontra  
(lehet más pont is pl.  
valamennyi lamellára azonos pont)

1 törési összefüggés a csúszólapon ható erőkre

$$S_i = N_i \cdot \operatorname{tg} \varphi_i + c_i \cdot l_i$$

a Coulomb-féle összefüggés

(lehet más is)

- összegzés Y számú lamellára

ismeretlenek		egyenletek	
jele	száma	típusa	száma
$N_i$	Y	$\sum P_{iz} = 0$	Y
$k_i$	Y	$\sum P_{ix} = 0$	Y
$S_i$	Y	$\sum M_i^I = 0$	Y
$E_i$	Y-1	$S_i = N_i \cdot \operatorname{tg} \varphi_i + c_i \cdot l_i$	Y
$T_i$	Y-1		
$h_i$	Y-1		
n	1		
<b>összesen</b>	<b>6Y-2</b>	<b>összesen</b>	<b>4Y</b>

- összevetés

$$6 \cdot Y - 2 > 4 \cdot Y \quad \text{ha} \quad Y > 1$$

a feladat statikailag határozatlan

(Y=1 nem lamellás eljárás)

a megoldáshoz feltevésekre van szükség

- a legismertebb kidolgozott eljárások

Fellenius módszere (svéd nyomatéki módszer)

feltevések

$$E_{ib} = E_{ij} = \text{const. és } T_{ib} = T_{ij} = \text{const.}$$

megoldás

Y db  $N_i$  irányú vetületi egyenletből, ill.  
vektorsokszög szerkesztéséből

( $N_i$  és  $G_i$  szerepel ezekben)

$\Rightarrow$  Y db  $N_i$  meghatározható

1 külső pontra felírt nyomatékból

( $N_i$ ,  $V_i$ ,  $G_i$  és  $S_i$  szerepel ebben, de  
 $S_i$ -re felírható a törési összefüggés)

$\Rightarrow$  n meghatározható

értékelés

elvileg kifogásolható, ~20 % hiba, gyors

Bishop módszere

feltevések

$$T_{ib} = T_{ij} = \text{const.}$$

megoldás

Y db függőleges vetületi egyenletből

$\Rightarrow$  Y db  $N_i$  összefüggés felírható

(ezekben n is szerepel)

1 külső pontra felírt nyomatékból

( $N_i$ ,  $V_i$ ,  $G_i$  és  $S_i$  szerepel ebben, de  
 $S_i$ -re felírható a törési összefüggés)

$\Rightarrow$  n iterációval meghatározható

(explicit alakra nem hozható)

végrehajtás

táblázatosan l. a Példatár 2.21. példáját

értékelés

elvileg is elfogadható, max. 0,1 hiba

táblázatos adatkezelővel elég gyors

Morgenstern-Price eljárása

feltevések

$T_i = \lambda \cdot f(x)$  szerint változik, ahol

$\lambda$  meghatározandó constans

$f(x)$  változtatható függvény

$$k_i = l_i / 2$$

megoldás

4Y db egyensúlyi és törési egyenletből  
célszerű alakításokkal és iterációval

$\Rightarrow$  Y db  $N_i$  és  $S_i$ , Y-1 db  $E_i$  és  $z_i$ , 1 db  $\lambda$  és  
n meghatározható

$f(x)$  szerint is kereshető n minimuma

végrehajtás

számítógépes célprogrammal

értékelés

elvileg helyes, pontos, célszoftver kell

---

---

### ✱ Ellenőrző kérdések

---

- Melyik definíció helyes a csúszólapra?
  - a) A törési állapotban levő pontok mértani helye.
  - b) A törési állapotban levő pontok törési síkjait érintő felület.
  - c) Az elmozduló és a helyben maradó talajzónát elválasztó felület.
- Milyen alakúak lehetnek a csúszólapok?
- Vázolja az állékonyságvizsgálatok lényegét!
- Hogyan értelmezzük a rézsű biztonságát, és miként jelenik ez meg az egyes módszerekben?
- Vesse össze a három állékonyságvizsgálati módszert az alkalmazhatóság szempontjából!
- Hogyan kell felvenni a súrlódó-körös eljárásnál a kohéziós erő és a csúszólapreakció hatásvonalát?
- Mit mutat meg egy a biztonság számításához meghatározott egyenes a  $tg\varphi\dots c$  koordinátarendszerben?
- Fogalmazza meg röviden: mi a tömbcsúszásos állékonyságvizsgálat lényege?
- Rajzolja le, milyen erők hatnak egy lamellára, s állapítsa meg, melyik ismeretlen közülük!
- Mely egyszerűsítő feltevésekben különböznek az ismertett lamellás módszerek?
- Milyen hatással van az állékonyságra és hogyan vehető figyelembe az áramló víz?

---

### ✱ Mintapéldák a Példatárból

---

- ◆ A 2.19. példa a súrlódó-körös eljárásra példa. Az előbbieken már hivatkoztunk rá, s ennek alapján kell elkészítenie a 3. házi feladatát. Ezért most külön ne foglalkozzon vele.
  - ◆ A 2.17. példa a tömbcsúszásos vizsgálatot mutatja be. Erre is utaltunk már, s a következő félévben is találkozunk még vele. Ezért most inkább csak akkor nézze át, ha a módszer lényegének megértéséhez szükségesnek érzi.
  - ◆ A 2.20. példa a Fellenius-féle svéd nyomatéki módszert ismerteti. A lényegre koncentrálni tekintse át!
  - ◆ A 2.21. feladat a Bishop féle eljárást alkalmazza. Később ezzel is találkozunk még, ezért csak a lényegét fussa át, semmiképpen se foglalkozzon pl. a táblázatok részleteivel!
-

---

## ✱ Házi feladat

---

- **A feladatlap** a 9. oldalon található. A geometriai viszonyokat egy 1:100 vagy 1:50 léptékű rajzban ábrázolja, éspe dig a rajzlap bal felső sarkában.
- A feladat - mint már említettük - lényegében azonos a **Példatár 2.19. feladatával**, csak most nincs talajvíz, s abból víznyomás. A megoldás menete, a szerkesztés elrendezése, a kidolgozás is követheti a Példatárat, de bizonyos részletekben saját ízlésének megfelelően eltérhet attól.
- A léptékhelyes ábrán **egy csúszólapot kell** felvennie. Ez lehet tetszőleges sugarú és helyzetű kör, de dolgozhat a Jáky ajánlását alkalmazó Példatár szerint. Mindenesetre egy, az érzése szerint is veszélyesnek vélhető csúszólapot válasszon! A lecsúszó tömeget ésszerűen részekre osztva határozza meg a lecsúszó föld súlyát és összegezze ezt a felszíni teherrel! Az eredő hatásvonalát szerkesztéssel vagy nyomaték-számítással keresse meg. Célszerű **három súrlódó-kört** felvennie, hogy egy esetleges hiba a  $tg\varphi \dots c$  egyenes felrakásakor kitűnjön.
- A **számítások** során az egyes erőket a lemérhető adatokból határozhatja meg, hiszen a végeredményt is méréssel fogja meghatározni. A keresett  $tg\varphi \dots c$  egyenes pontjai ennek megfelelően kissé szórhatnak is, az nem feltétlenül hiba, hiszen a leolvasásoknak van egy bizonyos pontatlansága. A pontokat kiegyenlítve rajzolja be az egyenest.
- Az **ábrázolás** során az alapábra és a vektorsokszögek léptékét a lehető legnagyobbra vegye fel. Amint eldöntötte léptéket, írja az ábra mellé, hogy mindig szem előtt legyen, nehogy az adatfelvitelnél, vagy a leolvasásnál hibázzon. Gondosan válassza meg a  $tg\varphi \dots c$  koordinátatengelyek **beosztását** is. Az erővektorok ábrázolásakor azonnal jelölje be az irányt is, ennek elmaradása gyakran vezet hibához.
- A feladat a tapasztalat szerint **konzultáció nélkül is** elkészíthető, de természetesen egy személyes egyeztetés sokat segíthet.
- **A beadandó munka** rendezett, jól áttekinthető legyen. Nem követelmény a tussal való kihúzás és a szabványírás. Legyenek viszont kiemelve a fontos vonalak, az erők és a végeredmény és a számításokat is jól értelmezhető formában mellékelje!

---

### E.3.

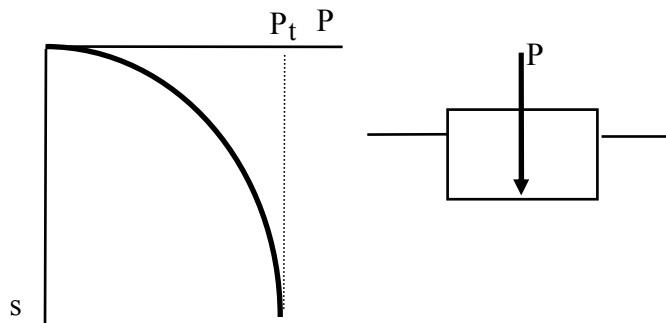
## Síkalapok alatti talajtörés vizsgálata

---

### \* Témavázlat

#### ☒ Az alap alatti talajtörés problematikája

- terhelés-süllyedés kapcsolat a próbaterhelések szerint



- a törés értelmezése

állandó terhelés mellett (is) növekvő süllyedés  
(laza és puha talajokban nem tapasztalható  
határozott törés, nem függőleges az érintő)

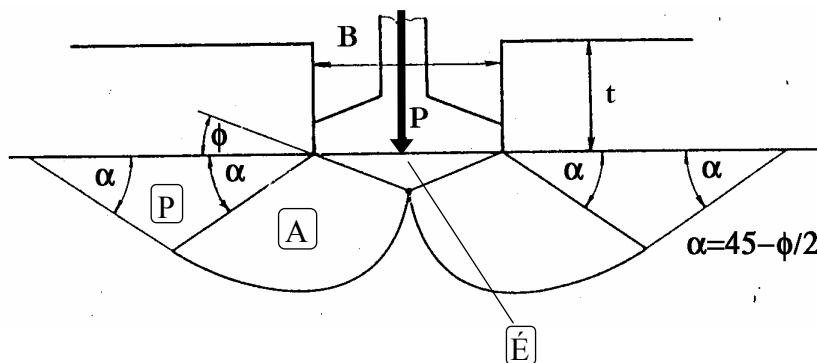
- a nagy süllyedések oka törési állapotban

nagy elmozdulások csúszólapok mentén  
(laza és puha talajokban nem fejlődnek ki  
összefüggő csúszólapok)

---

#### ☒ Törési mechanizmusok

- központos, függőleges terhelésű sávalap



P = passzív zóna    A = aktív zóna    É = földék

az alappal együtt lefelé mozgó földék

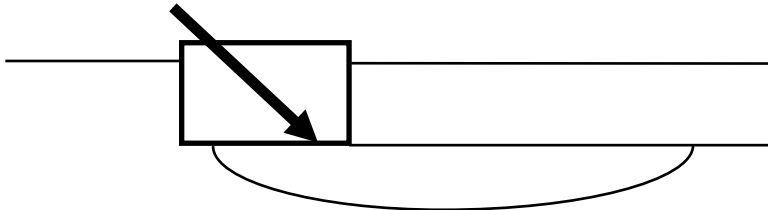
$\varphi$  szög az alap és a talaj között a súrlódás miatt  
aktív állapotban levő zóna

görbe csúszólap az alap alatt a szimmetria-  
tengelytől  $45-\varphi/2$  szöggel indulva, mert ott  
vízszintes az első fősíki;

passzív zóna

a görbe szakaszból érintőlegesen induló sík  
csúszólap, mely a felszínt  $45-\varphi/2$  szögben  
metszi, mert ott függőleges az első fősíki.

- központos, ferde terhelésű sávalap



egyoldali csúszólap

bizonytalan változó alak

„laposodó” terhelés - laposabb csúszólap

- négyzet alaprajzú pilléralap

térbeli csúszólap

szimmetriasíkbeli metszeteik az előbbiekkal

azonos tulajdonságúak

- egyéb sajátosságok

ferde térszín, rétegzett talaj, ferde alap, stb.

sokféle törési mechanizmus lehetséges

---

### ☒ A törőerő meghatározásának alapjai, lehetőségei

- központos terhelésű sávalap

elméleti megoldás a csúszóvonalak alapján

sokféle elmélet kisebb eltérésekkel

Prandtl, Terzaghi, Balla

módosítások az egyszerűbb számítás érdekében

általában explicit alakú képletek

- központos terhelés

modellkísérletekkel igazolt feltevés

kiseb területet veszünk figyelembe

„dolgozó” terület=melyre a terhelés szimmetrikus

- ferde terhelés

modellkísérletekkel meghatározott

ferdeségi tényezőket veszünk figyelembe

- négyzet (sokszög, kör...) alaprajzú pillér

modellkísérletekkel meghatározott

alaki tényezőket veszünk figyelembe

- egyéb eltérések az elméleti alapesettől

számítás egyedi törésmechanizmust felvéve

a rézsúállékonyság vizsgálati módszereivel

---



## ☒ A teherbírési képletek

- nyílt rendszerű (drénezett, konszolidált) terhelésre  
hatékony feszültségek analízise

$$V_t / A' = B' \cdot \gamma' \cdot N_B \cdot a_B \cdot i_B + q' \cdot N_t \cdot a_t \cdot i_t + c' \cdot N_c \cdot a_c \cdot i_c$$

szélességi tag + mélységi tag + kohéziós tag

### a tényezők jelentése

$V_t$	a törőerő függőleges komponense
$A'$	a dolgozó alapfelület területe
$B'$	a dolgozó alapfelület szélessége
$L'$	a dolgozó alapfelület hossza
$\gamma'$	az altalaj nedves, vízalatti (vagy áramlással módosított) térfogatsúlya
$q'$	az alapsík szintjén működő hatékony függőleges feszültség
$c'$	az altalaj hatékony feszültségekhez tartozó kohéziója
$N_B, N_t, N_c$	a teherbírési tényezők a $\varphi'$ hatékony belső súrlódási szögtől függően
$a_B, a_t, a_c$	az alap alaki tényezői
$i_B, i_t, i_c$	a terhelés ferdeségi tényezői

### a tényezők számítása

$A' = B' \cdot l$	sávalap esetén
$A' = B' \cdot L'$	pilléralap esetén
$B' = B - 2 \cdot e_B$	$e_B$ külpontosságnál
$L' = L - 2 \cdot e_L$	$e_L$ külpontosságnál

$$N_t = e^{\pi \cdot \text{tg} \varphi'} \cdot \text{tg}^2 (45 + \varphi' / 2)$$

$$N_B = (N_t + 1) \cdot \text{tg} \varphi' \quad (\text{Példatár 4.27. tábl.})$$

$$N_c = (N_t - 1) \cdot \text{ctg} \varphi'$$

$$a_B = 1 - 0,3 \cdot \frac{B'}{L'}$$

$$a_t = 1 + \frac{B'}{L'} \cdot \sin \varphi' \quad \text{körre } B' = L'$$

$$a_c = \frac{a_t \cdot N_t - 1}{N_t - 1}$$

ha a törőerő  $H_t$  vízszintes komponense  
 $B'$ -vel párhuzamos

$$i_B = (1-f)^3$$

$$i_t = (1-0,7.f)^3$$

$$i_c = \frac{i_t \cdot N_t - 1}{N_t - 1}$$

ha a törőerő  $H_t$  vízszintes komponense  
 $L'$ -vel párhuzamos

$$i_B = i_t = 1-f$$

$$i_c = \frac{i_t \cdot N_t - 1}{N_t - 1}$$

ezekben

$$f = \frac{H_t}{V_t + A' \cdot c' \cdot ctg \varphi'}$$

$H_t = V_t \cdot tg \mu$        $\mu$  a terhelő erő  
függőlegessel bezárt szöge

$c' \neq 0$  esetén

iterációval lehet a törőerőt meghatározni,  
mivel  $v_t = F(f)$  és  $f = v(v_t)$

$c' = 0$  esetén

közvetlenül számítható a törőerő  
mivel  $f = H_t / V_t = H / V = tg \mu$

- zárt rendszerű (drénezetlen, konszolidálatlan) terhelés  
teljes feszültségek analízise

$$v_t / A' = q + (2 + \pi) c_u \cdot a_c \cdot i_c$$

a képlet tényezői

$q$  az alapsík szintjén működő  
teljes függőleges feszültség  
 $c_u$  a teljes feszültségekhez és  
 $\varphi_u = 0$ -hoz tartozó kohézió

a tényezők számítása

$$a_c = 1 + 0,2 \cdot \frac{B'}{L'}$$

$$i_c = 0,5 \cdot \left( 1 + \sqrt{1 - \frac{H_t}{A' \cdot c_u}} \right)$$

---

### ✿ Ellenőrző kérdések

---

- Vázolja a központos és függőleges terhelésű sávalap alatti törési mechanizmust!
  - Honnan származik a teherbírasi képlet?
  - Írja fel a teherbírasi képletet nyílt rendszerű terhelésre!
  - Mekkora a sávalapok alakai tényezői?
  - Miért nem lehet közvetlenül számítani a törőerőt kohéziós talaj ferde terhelésekor?
  - Hogy szól a teherbírasi képlet zárt rendszerű terhelésre?
- 

### ✿ Mintapéldák a Példatárból

---

- ◆ A 3.2. példa egy pilléralap függőleges, központos terhelésre vonatkozó törőterhének számítását mutatja be. Különös figyelemmel tanulmányozza át az altalaj  $\gamma = \rho \cdot g$  térfogatsűrűségének, valamint az alap mellett, az alapsíkon ható  $q' = \Sigma t \cdot \gamma$  hatékony feszültségnek a számítását. Az előbbit befolyásolja a talajvíz szintje, ezért a nedves és a vízalatti érték között kell felvenni, az utóbbit nem, ezért az egyenlő a teljes függőleges feszültséggel.
  - ◆ A 3.3. példában egy pilléralap ferde, központos terhelésre vonatkozó törőterhének számítását lehet tanulmányozni. Ebben elsősorban az iterációs eljárásra figyeljen!
- 

### ✿ Házi feladat

---

- A **feladatlap** a 9. oldalon található, s ezen az adatok rögtön jól át is tekinthetők.
  - A feladat első része, mely a törőterhet kérdezi, hasonlít a **Példatár 3.3. feladatához**. (A második részt, a süllyedés-számítást majd a következő alfejezet után oldja meg!) A megoldás lényegében a teherbírasi képletbe való behelyettesítést jelenti, melynél főleg az előbb említett három részfeladatra ügyeljen.
  - A **számítások** során a behelyettesítendő adatokat és az egyes részeredményeket írja fel, így kevesebb hibát ejtethet és az iterációt - ha arra szükség lesz - könnyebben elvégezheti.
  - A megoldás **formája** legyen hasonló a Példatáréhoz. Az alapkövetelmény: jól követhető legyen a számítás.
-

---

## E.4.

### Síkalapok süllyedésének számítása

---

#### ✱ Témavázlat

---

#### ☒ A süllyedésszámítás elvei, a feladat áttekintése

- a számítás elve

a  $p(x)$  terheléssel terhelt talajfelszín valamely  $x=x_i$  pontjának süllyedése (függőleges eltolódása)

$$s(x = x_i) = \int_0^{m_0} \varepsilon_z(z, x = x_i) dz = \int_0^{m_0} \varepsilon_z \{ \sigma[p(x), z, x = x_i] \} dz$$

a felszínen változó  $p$  terhelés által okozott a mélységgel változó  $\sigma$  feszültségekből származó  $\varepsilon_z$  függőleges fajlagos összenyomódásoknak az alapsíktól az  $m_0$  határmélységig számított összege (integrálja)

- számítás részfeladatai

1. a terhelésből a vizsgált pont alatt keletkező feszültségek meghatározása
2. a feszültségekből keletkező fajlagos alakváltozások számítása
3. a határmélység meghatározása
4. az alakváltozások összegzése

- a számítás végrehajtásának lehetőségei

a) számítás lépésenként

az előbbi részfeladatok egymás utáni elvégzése az aktuális terhelésre és talajadottságokra

b) számítás süllyedésszámítási képletekkel

ha leírható a  $\sigma=f(p,z,x)$  és az  $\varepsilon_z=g[E,\sigma(z)]$

integrálható az ebből adódó  $\varepsilon_z=F(p,E,z,x)$

akkor  $s=S(p,m_0,A,E)$  képlet adható

( $\sigma$  általában a normálfeszültségeket,

$E$  általában az alakváltozás tulajdonságait,

$A$  általában a terhelés geometriáját jelenti)

- a süllyedési idő szerepe

szokásosan vizsgált időtartamok

$t=0$  - azonnali süllyedés számításakor

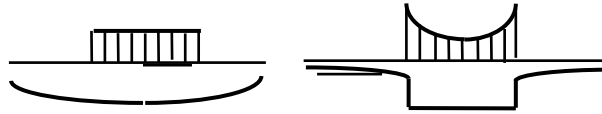
konzolidáció vége - általában

az építmény élettartama - „kúszó” talajnál

figyelembevétele az alakváltozási paraméterekben

- az alap merevségének a szerepe

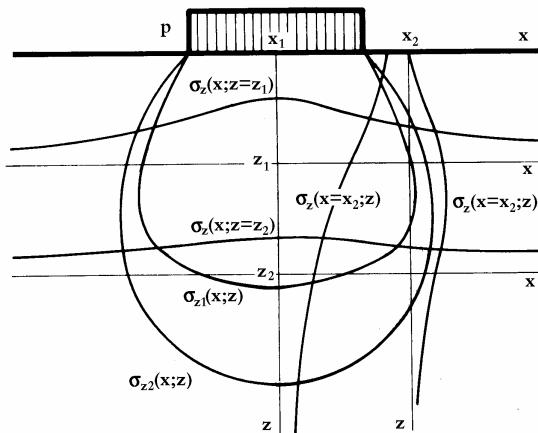
alpmerevség	<u>hajlékony</u>	<u>merev</u>
talpfeszültség	egyenletes	széleken nagyobb
süllyedés	teknőszerű	egyenletes



merev alap esetén  
a karakterisztikus pont alatti feszültségekből  
számítható az egyenletes süllyedés

### ☒ Alap alatti feszültségek számítása

- a feszültségek térbeli szétterjedése



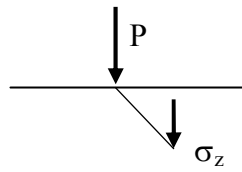
- számítási lehetőségek
  - rugalmasságtan alapján
  - végtelen féltér
  - homogén, izotróp, lineárisan rugalmas
  - Boussinesq nyomán
  - önkéntes feszültség-szétterjedési modell alapján
  - felvett  $\sigma_z = f(z, x)$  függvénnyel
  - egyszerű képletek
  - jelentőségük csökken
- rugalmasságtani összefüggések
  - sokféle terhelési esetre van levezetett megoldás
  - képletek, grafikonok, táblázatok formájában
  - $\sigma_z, \sigma_x, \sigma_y$  és esetleg más feszültségekre
  - legtöbbször csak  $\sigma_z$  szükséges
  - alakjuk általában

$$\frac{\sigma_z}{p} = f\left(\frac{z}{B}, \frac{L}{B}\right)$$

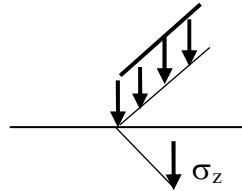
relatív feszültség függően  
a relatív mélységtől és  
a terhelés (az alap) geometriai jellemzőitől

a legfontosabb esetek  
koncentrált teher

Példatárban  
1.30.

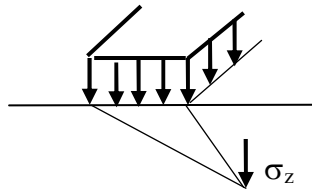


vonalas teher



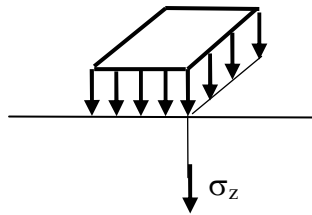
egyenletes sávteher

1.31.



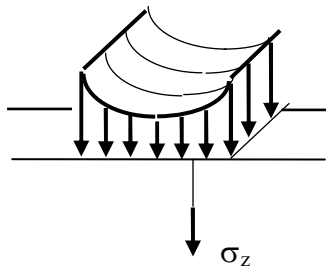
négyszögteher

4.8.1.c.

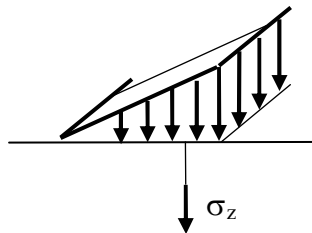


merev alap (sáv, pillér)

4.8.1.a.



lineárisan változó teher (sáv, pillér)



## ☒ A fajlagos alakváltozások számítása

- lineáris feszültségállapot feltételezésével

jellegzetességei

a mérnöki gyakorlat szokásos módszere

telített talaj esetén

csak a konszolidációs és

a másodlagos összenyomódást adja

a harántkontrakcióból származót nem

előnye

csak a  $\sigma_z$  feszültségeket kell számítani

számítási lehetőségek

a) számítás összenyomódási modulussal

$$\varepsilon_z = \sigma_z / E_s$$

a hazai gyakorlat szokásos módszere

nem kell ismerni a kezdeti állapotot

$E_s$  meghatározása

szemcsés talaj esetén

tapasztalat alapján felvéve

(l. Példatár 4.2.7. pont)

kötött talajok esetén

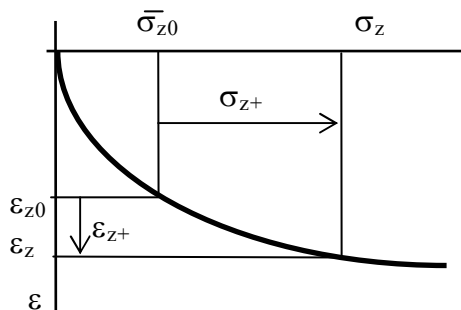
kompresziós görbéből

(l. a D.4. fejezetet)

tapasztalat alapján felvéve

(l. Példatár 4.2.7. pont)

b) a kompresziós görbét közvetlenül használva



1. kezdeti hatékony feszültség ( $\bar{\sigma}_{z0}$ )

⇒ korábban lezajlott alakv. ( $\varepsilon_{z0}$ )

2. kezdeti+terhelés okozta fesz. ( $\sigma_z$ )

⇒ terhelés utáni összes alakv. ( $\varepsilon_z$ )

3. terhelés okozta feszültség ( $\sigma_{z+}$ )

⇒ terhelés okozta alakv. ( $\varepsilon_{z+}$ )

kötött talajok esetén szokásos

„kézi” számításra alkalmas

számítógéppel

valamilyen  $\varepsilon_z = f(\sigma_z)$  használata

c) a szemilogaritmus  $e \dots \sigma_z$  kapcsolattal

$$\Delta e = e - e_0 = C_c \cdot \ln \frac{\bar{\sigma}_{z_0} + \sigma_{z_+}}{\bar{\sigma}_{z_0}} \quad \text{és} \quad \varepsilon_z = \frac{\Delta e}{1 + e_0}$$

a nemzetközi gyakorlat szokásos módszere  
kell a kezdeti feszültség és hézag tényező

$C_c$  (ill.  $C_s$ ) meghatározása

kompressziós görbéből

tapasztalati adatokból

- térbeli alakváltozás figyelembevételével

az általános Hooke-törvény szerint

$$\varepsilon_z = \frac{1}{E} \cdot [\sigma_z - \mu \cdot (\sigma_x + \sigma_y)]$$

főként számítógépes programok használják

a hagyományos mérnöki gyakorlatban

ahol  $\varepsilon_x \neq 0$  (alapok széle alatt, ill. mellett)

azonnali összenyomódás számítására

$E$  és  $\mu$  meghatározása

triaxiális vizsgálattal mérve

mért  $E_s$ -ből számítva  $\mu$  felvételével

tapasztalati adatokból felvéve

megkülönböztetendő

$E$  és  $\mu$  nyílt rendszerű terhelésre

$E_u$  és  $\mu_u = 0,5$  zárt rendszerű terhelésre

---

### ☒ A határmélység meghatározása

- a süllyedésszámítás ellentmondása

a  $\sigma_{z_+} = f(z)$  képletek szerint a végtelenben lesz  $\sigma_{z_+} = 0$

az  $\varepsilon_z = g(\sigma_z)$  képletek szerint új  $\sigma_{z_+}$  új  $\varepsilon_{z_+}$ -t kell

$\Rightarrow$  a végtelen mélységig kellene  $\varepsilon_{z_+}$ -t összegezni

$\Rightarrow$  általában végtelen nagy süllyedés adódna

„szerencsére” nem ez a tapasztalat

- a probléma feloldása

feltevés: az  $m_0$  „határmélység” alatt már  $\varepsilon_{z_+} = 0$

fizikai alapja: „súrlódási küszöbfeszültség”

- a határmélység felvételének módszerei

a) általánosan elfogadott módszer

ahol  $\sigma_{z_+} = \bar{\sigma}_{z_0}/5$  ( $\bar{\sigma}_{z_0}/5$  a „küszöbszilárdság”)

b) közelítőleg

$$m_0 = 2B \cdot \left(1 - \frac{B}{2L}\right) \quad \text{Jáky ajánlása szerint}$$

$\Rightarrow$  sávalap:  $m_0 = 2B$ , négyszögalap:  $m_0 = B$

(nagy lemezalpra csökkenthető  $m_0 = B/2$ -ig)

c) gyakorlati megfontolás

a felette levőnél jóval (nagyságrenddel)

merevebb vastag réteg felszínének mélysége

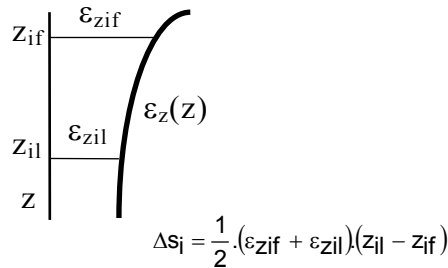
---



---

### ☒ Az összenyomódások összegzése

- közelítő területszámítási módszerek  
(integrálás=területszámítás)  
általában elegendő a trapéz szabály alkalmazása  
valamely réteg i-edik sávjára



a süllyedés  $s = \sum_{z=0}^{z=m_0} \Delta s_i$

- általában táblázatos formában célszerű számolni
  - integrálszámítással  
ha az  $\varepsilon_z=f(z)$  integrálható
- 

### ☒ Közvetlen süllyedésszámítás

- használatának feltételei, a megoldás alapjai  
a vizsgált függély alatti feszültségek  
egyetlen alap terheléséből származnak  
az  $\varepsilon_z=f(\sigma)$  kapcsolat lineáris és a talaj homogén  
(az általános Hooke-törvénnyel vagy  
az  $\varepsilon_z=\sigma_z/E_s$  összefüggéssel leírható)  
a határmélység könnyen felvehető  
az  $\varepsilon_z=f(z)$  függvény integrálható
- a számítási képletek szerkezete tényezői

$$s = \frac{p}{E_s} \cdot B \cdot F \left( \frac{m_0}{B}, \frac{L}{B} \right)$$

$p$  az egyenletesen megoszló terhelő feszültség  
 $E_s$  a talaj összenyomódási modulusa  
(helyette  $E$  rugalmassági modulus is lehet)

$B$  az alapszélesség

$F$  a süllyedési szorzó

l. pl. Példatár 4.8.2.

határmélységtől és az alaktól függően  
gyors becslésre

sávalapra  $F \approx 0,8$  négyzet alapra  $F \approx 0,6$

- hasonló képlet pl. nyomatékterherre is  
(l. Példatár 4.8.2.)
-

---

### ✱ Ellenőrző kérdések

- Milyen lépésekben számíthatók a süllyedések?
- Fogalmazza meg a feszültségszétterjedés jellegzetességeit!
- Milyen módon lehet meghatározni az egyenletesen terhelt négyszög alaprajzú terhelésből keletkező feszültségeket egy, a terhelt felületen kívül eső pont alatt?
- Miért nem kell figyelembe venni a fajlagos alakváltozások összenyomódási modulussal történő számításakor a kezdeti (terhelés előtti) feszültséget?
- Mikor indokolt az általános Hooke-törvénnyel számolni a fajlagos alakváltozásokat?
- Miért kisebb pillérterhelés esetén a határmélység, mint a sávtehernél?
- Vizsgálja meg a Példatár 4.8.2.a. pontja alapján, miként befolyásolja az alapszélesség a süllyedés nagyságát!

---

### ✱ Mintapéldák a Példatárból

◆ A 3.5. példa merev sávalapok süllyedésének meghatározását mutatja be, amihez hasonló az Ön harmadik házi feladata is. A példában a feszültségek számítására a gyakorlatban legtöbbször alkalmazott két módszert használtuk: a merev sávalapok terheléséből származó feszültségeket a Kany-féle, míg a pincetér helyéből kiemelt föld - mint hajlékony négyszögteher - tehermentesítő hatását a Steinbrenner-féle diagram segítségével számoltuk. A fajlagos alakváltozásokat összenyomódási modulussal, ill. kompressziós görbével határoztuk meg. A „főmódszerrel” számítottuk határmélységet (a küszöbfeszültség szerint) és az összenyomódást is (a trapézsabállyal). Tanulmányozza át alaposan a feladatot! A tartalmi kérdések mellett a táblázatos, grafikus ábrázolásra is figyeljen! Célszerű így dolgozni, s ehhez ma már táblázatos adatkezelő programokat is lehet használni.

◆ A 3.6. példában azt vizsgáltuk, mekkora süllyedés léphet fel egy egyenletes sávteher hatására a szomszédos épület szélén. Itt az alakváltozást a Hooke-törvénnyel számítottuk, külön vizsgálva az azonnali és a végleges süllyedéseket.

◆ A 3.7. példa egy hídpillér egyenletes terhelés és a nyomtér okozta süllyedésének „egylépéses” számítását mutatja be. Az előbbinél összenyomódási, az utóbbinál rugalmassági modulussal (és Poisson-tényezővel) dolgoztunk.

---

---

## ✿ Házi feladat

---

- A **feladatlap** a 9. oldalon található.
  - A feladat első részét az előző fejezet végéhez kapcsolódva már - remélhetően - megoldotta. Most a megadott alap süllyedését kell kiszámítani - mint jeleztük már - a **Példatár 3.5. feladatában** bemutatott számítási eljárásokat követve. Minthogy azonban itt csak egyetlen alapról van szó, a munka lényegesen kevesebb és egyszerűbb lesz annál.
  - Először ossza **rész-rétegekre** (sávokra) az alap alatti rétegeket. Az alap közelében kisebb vastagságokat, lejjebb nagyobbakat válasszon a feszültségi görbék változásának megfelelően. Ezután a rész-rétegek középvonalára számítsa az **alap okozta feszültségeket** a Példatár 4.19. diagramja segítségével. Ezután számítsa ki a **kezdeti** (terhelés előtti) **feszültségeket**, amelyek segítségével a **határmélységet** szerkesztheti meg, illetve a kompressziós görbével végzett összenyomódás-számításhoz is szüksége van ezekre. Ezután számíthatja a **fajlagos összenyomódásokat** az összenyomódási modulussal, ill. a kompressziós görbével. Végül a fajlagos összenyomódásokból a sávok tényleges összenyomódását, majd ezek összegét a **süllyedést** kell meghatároznia.
  - A **számításokat** célszerű a Példatárhoz hasonlóan **táblázatos formában** elvégezni és **grafikusan** ábrázolni. Így jobban áttekintheti a munkát és kisebb lesz a hibázás veszélye, mert a táblázatokban, de főleg az ábrán rögtön „kiugrik” a tévedés. Emellett a határmélység meghatározásának is a szerkesztés a legegyszerűbb módja.
  - A negyedik házi feladat **eredményeiként** tehát végül is a talajtöréssel szembeni biztonságot és a várható süllyedés értékét kell megadnia.
-



# Tartalomjegyzék

<b>Bevezető</b>	2.
A Geotechnika tárgya és témakörei	4.
A Geotechnika I. tárgy témakörei	5.
Irodalom a Geotechnika I. tárgyhöz	6.
📖 Kötelező irodalom	6.
📖 Ajánlott irodalom	6.
📖 Megjegyzések	6.
A félévi hallgatói munka, számonkérések	7.
➡ Zárthelyi dolgozatok	7.
➡ Házi feladatok	7.
➡ Írásbeli tesztvizsga	7.
➡ Szóbeli vizsga	7.
➡ Az értékelés módja	7.
Házi feladatok	8.
⊕ Szádfal körüli vízáramlás vizsgálata	8.
⊕ Földnyomákszámítás	8.
⊕ Rézsűállékonyság vizsgálata	9.
⊕ Síkalap méretezése	9.
Vizsgakérdések	10.
<b>A) Építésföldtani alapismeretek</b>	13.
Bevezető áttekintés	13.
<b>A.1. A Föld szerkezete és anyagai</b>	14.
* Témavázlat	14.
☒ A Föld gömbhéjas felépítése, a geoszférák	14.
☒ A földkéreg elemei	14.
☒ A földkéreg ásványai	14.
☒ A földkéreg kőzetei	15.
* Ellenőrző kérdések	16.
<b>A.2. A földkéreg arculatát formáló erők, hatások</b>	17.
* Témavázlat	17.
☒ A kéregalakító erők és hatásaik ált. jellemzői	17.
☒ Endogén erők és hatásaik	17.
☒ Exogén erők és hatásaik	19.
* Ellenőrző kérdések	20.
<b>A.3. Vízföldtani alapismeretek</b>	21.
* Témavázlat	22.
☒ Hidrológiai alapok	22.
☒ A talajvíz jellemzői, típusai	22.
☒ A talajvízjárás	22.
☒ Egyéb felszín alatti vizek	23.
* Ellenőrző kérdések	24.

<b>A.4. Hazánk földtani jellemzői</b>	25.
* Témavázlat	25.
☒ Földtani korok áttekintése	25.
☒ Magyarország földtani szerkezete	26.
☒ Magyarország földtörténete	27.
* Ellenőrző kérdések	30.
<b>B) A talajok alapvető műszaki tulajdonságai</b>	31.
Bevezető áttekintés	31.
<b>B.1. A talajalkotók fő tulajdonságai</b>	32.
* Témavázlat	32.
☒ A talajok felépítése	32.
☒ A szemcsék tulajdonságai	32.
☒ A víz tulajdonságai és megjelenési formái	34.
* Ellenőrző kérdések	35.
* Mintapéldák a Példatárból	35.
* Gyakorló feladatok	35.
<b>B.2. A talajalkotók arányai</b>	36.
* Témavázlat	36.
☒ Az alkotók egymáshoz viszonyított arányai	36.
☒ Az alkotók térfogataránya a teljes térfogathoz	36.
☒ Térfogatsűrűségek	36.
☒ Összefüggéseik felírása	36.
☒ Meghatározásuk mérhető mennyiségekből	36.
* Ellenőrző kérdések	37.
* Mintapéldák a Példatárból	37.
* Gyakorló feladatok	37.
<b>B.3. A talajalkotók kapcsolata, a talajszerkezet</b>	38.
* Témavázlat	38.
☒ Az alkotórészek kapcsolata	38.
☒ A kötött talajok konzisztenciája	38.
☒ A talajok szerkezete	39.
* Ellenőrző kérdések	39.
* Mintapéldák a Példatárból	39.
<b>B.4. A talajok osztályozása</b>	40.
* Témavázlat	40.
☒ A talajok megnevezése (azonosítása)	40.
☒ A talajok állapotának minősítése	40.
* Ellenőrző kérdések	41.
* Mintapéldák a Példatárból	41.
* Gyakorló feladatok	41.
<b>C) Vízmozgások és hatásaik a talajban</b>	43.
Bevezető áttekintés	43.
<b>C.1. Hidraulikai alapismeretek</b>	44.
* Témavázlat	44.
☒ A vízmozgások alapvető jellemzői	44.
☒ Hidrosztatikai alapok	44.
☒ Vízmozgások kinematikája	44.
☒ Hidrodinamikai alapismeretek	45.
* Ellenőrző kérdések	45.

<b>C.2.A gravitációs vízmozgás törvényei</b>	46.
* Témavázlat	46.
☐ A szivárgás empirikus megközelítése - Darcy	46.
☐ A szivárgás elméleti modellezése - Kozeny	46.
☐ Az áramlási erő és hatásai	46.
☐ Az áteresztőképesség meghatározása	47.
* Ellenőrző kérdések	47.
* Mintapéldák a Példatárból	47.
<b>C.3.A gyakorlati szivárgási feladatok megoldásai</b>	48.
* Témavázlat	48.
☐ A szivárgási feladatok kérdései és feltevései	48.
☐ Egydimenziós áramlások	48.
☐ Síkbeli áramlások	49.
☐ Tengelyszimmetrikus áramlások	49.
* Ellenőrző kérdések	50.
* Mintapéldák a Példatárból	50.
* Házi feladat	51.
<b>C.4. Kapilláris vízmozgás, elektro- és thermoozmózis</b>	52.
* Témavázlat	52.
☐ A kapilláris vízmozgás	52.
☐ Elektroozmózis	53.
☐ Vízmozgás hőhatásra	53.
* Ellenőrző kérdések	53.
<b>C.5. A talajfagyás. Vízmozgás okozta térfogatváltozás</b>	54.
* Témavázlat	54.
☐ A talajfagyás	54.
☐ Térfogatváltozás a víztartalomváltozások miatt	55.
* Ellenőrző kérdések	55.
<b>D) A talajok viselkedése terhelés hatására</b>	57.
Bevezető áttekintés	57.
<b>D.1. Szilárdságtani alapismeretek</b>	58.
* Témavázlat	58.
☐ Feszültségek és alakváltozások	58.
☐ A rugalmas viselkedés - a Hooke-törvény	59.
☐ A képlékeny viselkedés -a Coulomb-törvény	59.
* Ellenőrző kérdések	60.
* Mintapéldák a Példatárból	61.
* Gyakorló feladatok	61.
<b>D.2. A talaj mechanikai viselkedésének sajátosságai</b>	62.
* Témavázlat	62.
☐ A talajban keletkező feszültségek sajátosságai	62.
☐ Kezdeti feszültségek, feszültségi előtörténet	62.
☐ Terhelés alatti térfogatváltozás, konszolidáció	62.
☐ Feszültség-alakváltozás kapcsolat sajátossága	64.
☐ A talajok viszkozus tulajdonságai	64.
☐ Egyéb sajátosságok	64.
* Ellenőrző kérdések	65.
* Mintapéldák a Példatárból	65.
* Gyakorló feladatok	65.

<b>D.3. A törési állapot és nyírószilárdság vizsgálata</b>	66.
* Témavázlat	66.
☒ A törési vizsgálat alapelvei	66.
☒ Nyírószilárdsági vizsgálatok	66.
☒ A nyírószilárdság sajátosságai	68.
* Ellenőrző kérdések	69.
* Mintapéldák a Példatárból	69.
* Gyakorló feladatok	69.
<b>D.4. A talajok alakváltozásának törvényei</b>	70.
* Témavázlat	70.
☒ Az alakváltozás okai és számításának alapelvei	70.
☒ Az összenyomódás időbeli alakulása	70.
☒ A feszültség-alakváltozás kapcsolat	71.
☒ Az alakváltozási paraméterek meghatározása	72.
* Ellenőrző kérdések	72.
* Mintapéldák a Példatárból	73.
* Gyakorló feladatok	73.
<b>E) Földsztatikai alapfeladatok</b>	75.
Bevezető áttekintés	75.
<b>E.1. A földnyomások meghatározása</b>	76.
* Témavázlat	76.
☒ A földnyomás fajtái, kialakulása	76.
☒ A földnyomás Rankine szerint	78.
☒ Az aktív földnyomás Coulomb nyomán	80.
☒ A passzív földnyomás Coulomb nyomán	82.
* Ellenőrző kérdések	83.
* Mintapéldák a Példatárból	83.
* Házi feladat	84.
<b>E.2. Rézsűk állékonyságvizsgálata</b>	85.
* Témavázlat	85.
☒ A rézsűállékonyság problematikája	85.
☒ A súrlódó-körös állékonyságvizsgálat	87.
☒ A tömbcsúszásos állékonyságvizsgálat	89.
☒ A lamellás állékonyságvizsgálatok	90.
* Ellenőrző kérdések	93.
* Mintapéldák a Példatárból	93.
* Házi feladat	94.
<b>E.3. Síkalapok alatti talajtörés vizsgálata</b>	95.
* Témavázlat	95.
☒ Az alap alatti talajtörés problematikája	95.
☒ Törési mechanizmusok	95.
☒ A törőerő meghatározásának alapjai	96.
☒ A teherbírási képletek	97.
* Ellenőrző kérdések	99.
* Mintapéldák a Példatárból	99.
* Házi feladat	99.



<b>E.4. Síkalapok süllyedésének számítása</b>	100.
* Témavázlat	100.
☒ A süllyedésszámítás elvei, a feladat áttekintése	100.
☒ Alap alatti feszültségek számítása	101.
☒ A fajlagos alakváltozások számítása	103.
☒ A határmélység meghatározása	104.
☒ Az összenyomódások összegzése	105.
☒ Közvetlen süllyedésszámítás	105.
* Ellenőrző kérdések	106.
* Mintapéldák a Példatárból	106.
* Házi feladat	107.
 Tartalomjegyzék	 109.