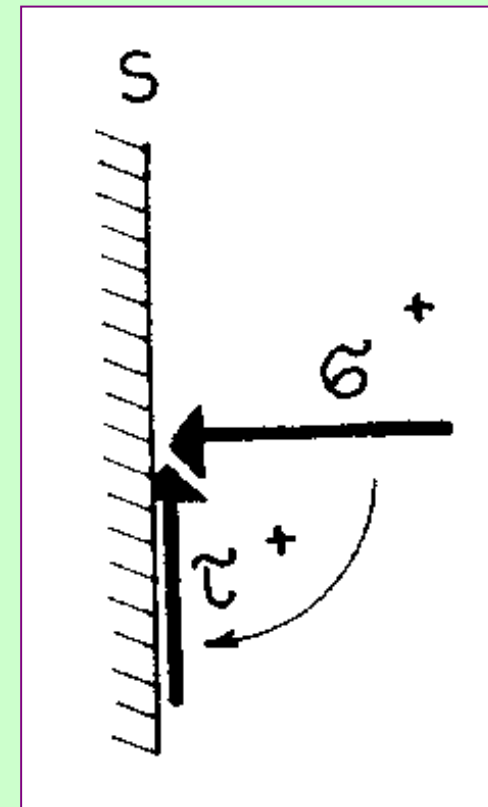
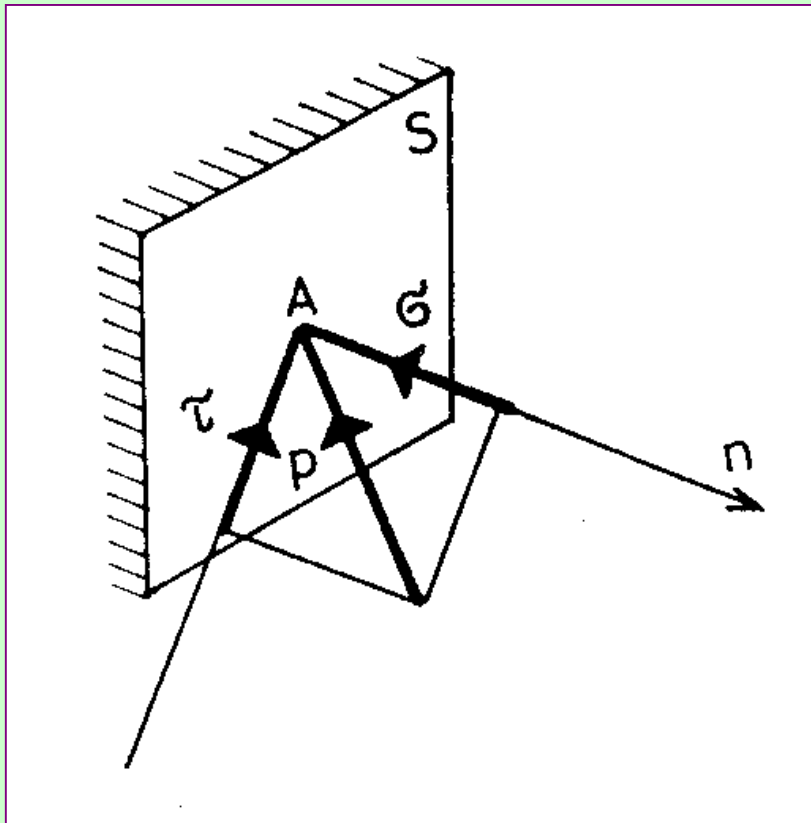


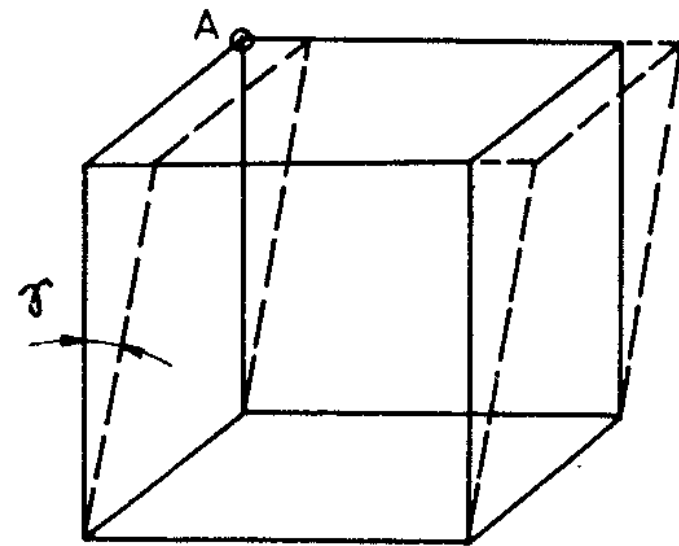
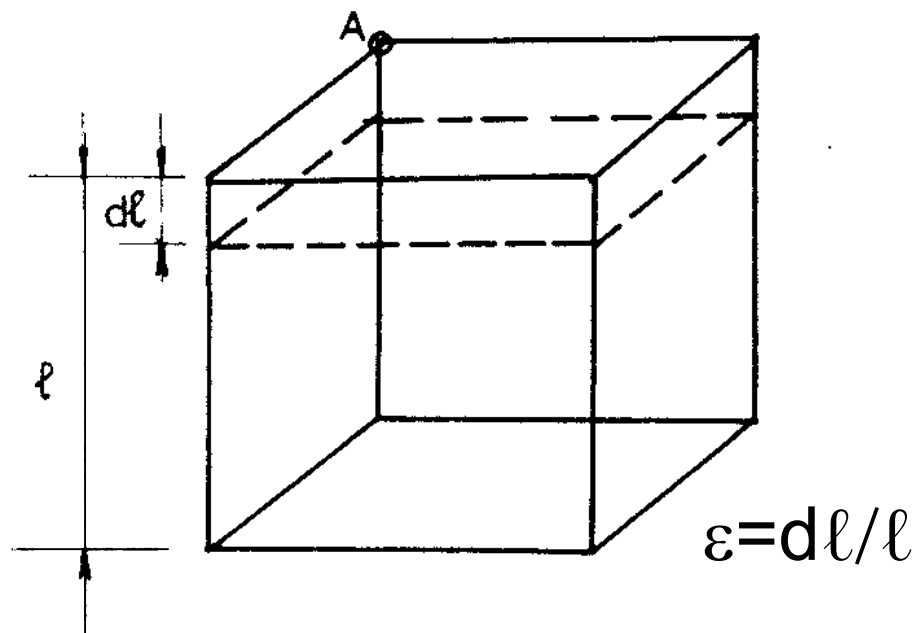
A talajok mechanikai tulajdonságai

Mechanikai alapok

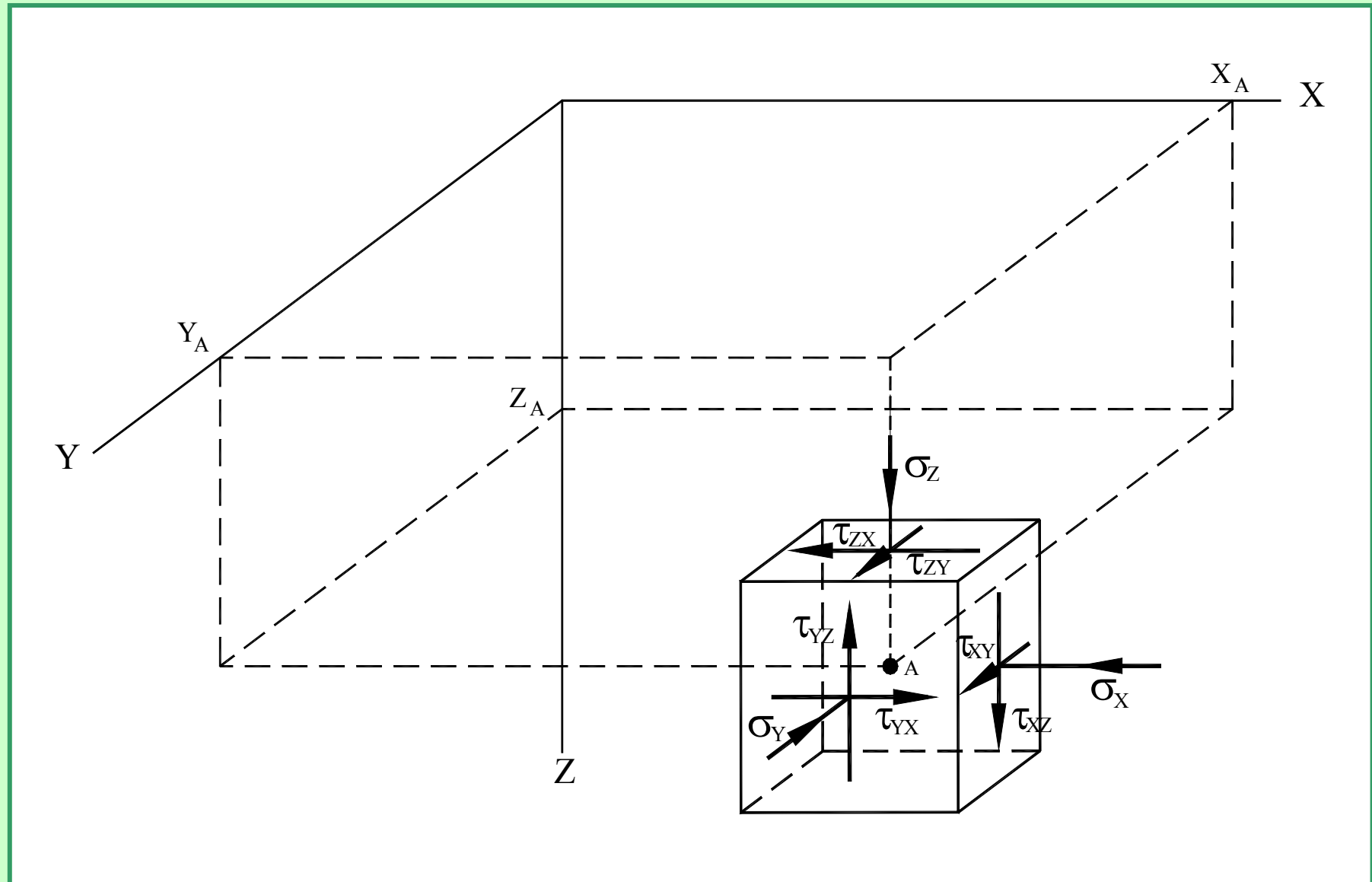
Feszültségek értelmezése



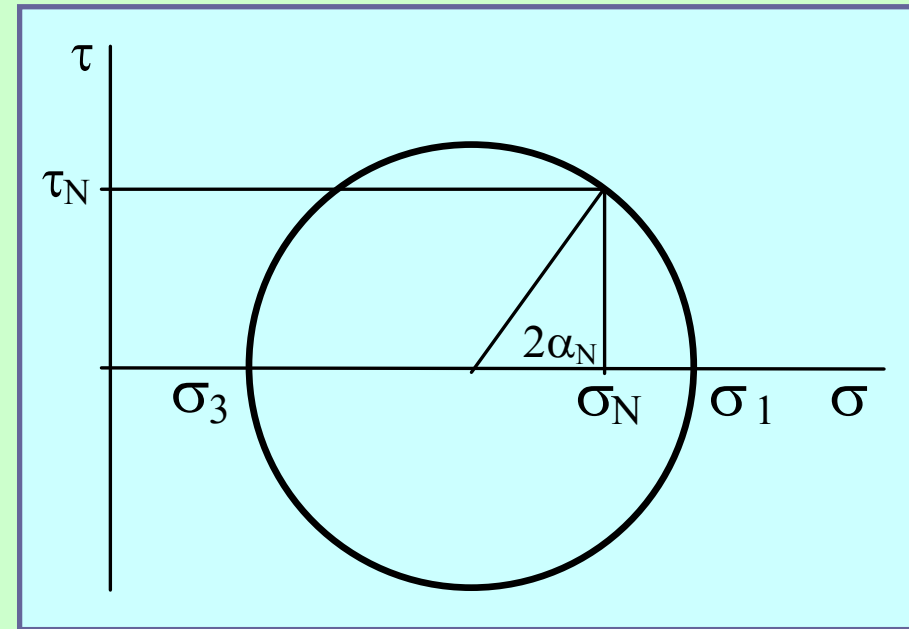
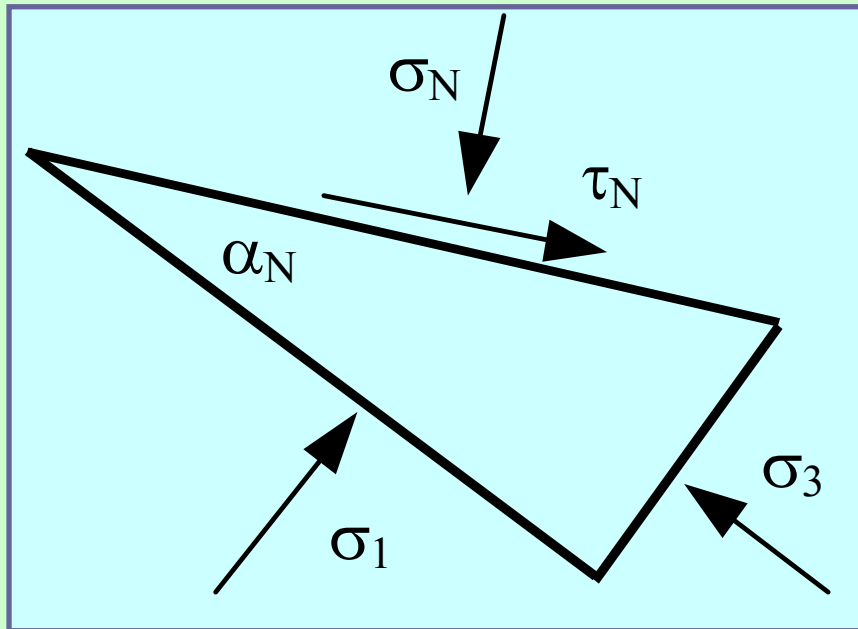
Alakváltozások értelmezése



Feszültségi állapot



Mohr-féle feszültségábrázolás



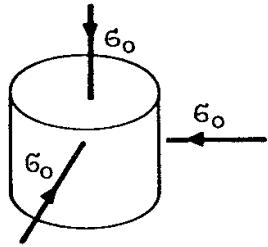
$$\sigma_N = \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} + \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \cdot \cos 2\alpha_N$$

$$\tau_N = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \cdot \sin 2\alpha_N$$

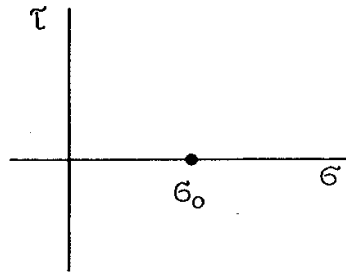
Feszültségi és alakváltozási állapotok

- Térbeli feszültségi és/vagy alakváltozási állapot
- Síkbeli feszültségi vagy alakváltozási állapot
- Tengelyszimmetrikus feszültségi és/vagy alakváltozási állapot
- Lineáris feszültségi vagy alakváltozási állapot
- Hidrosztatikus feszültségi és/vagy alakváltozási állapot

a.)

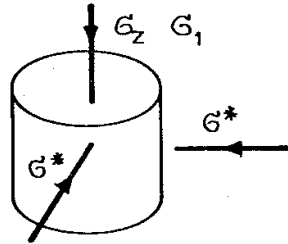


$$\sigma_0 = \sigma_z = \sigma_x = \sigma_y = \sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3$$

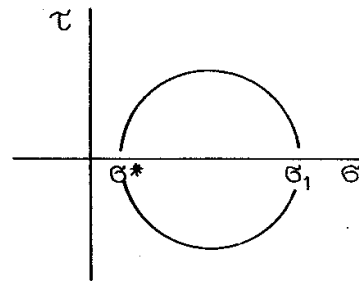


Hidrosztatikus
állapot

b.)

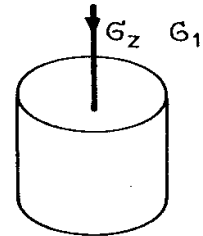


$$\sigma^* = \sigma_x = \sigma_y = \sigma_2 = \sigma_3$$

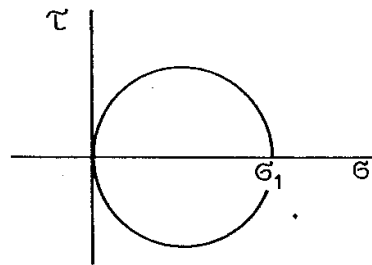


Tengelyszimmetrikus
állapot

c.)

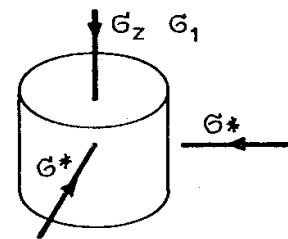


$$\sigma_x = \sigma_y = \sigma_2 = \sigma_3 = 0$$



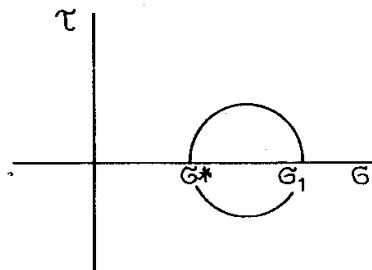
Lineáris feszültségi
állapot

d.)



$$\sigma^* = \sigma_x = \sigma_y = \sigma_2 = \sigma_3 \neq 0$$

$$\epsilon_z > 0; \epsilon_x = \epsilon_y = 0$$



Lineáris alakváltozási
állapot

Speciális
feszültségi
és
alakváltozási
állapotok

Anyagtani fogalmak

- Rugalmas viselkedés
- Lineárisan rugalmas viselkedés
- Homogén anyag
- Izotróp anyag
- Képlékeny állapot
- Törési állapot
- Törési v. képlékenységi feltétel

Rugalmasságtan

- Egyszerű Hooke-törvény – lineáris fesz. állapot

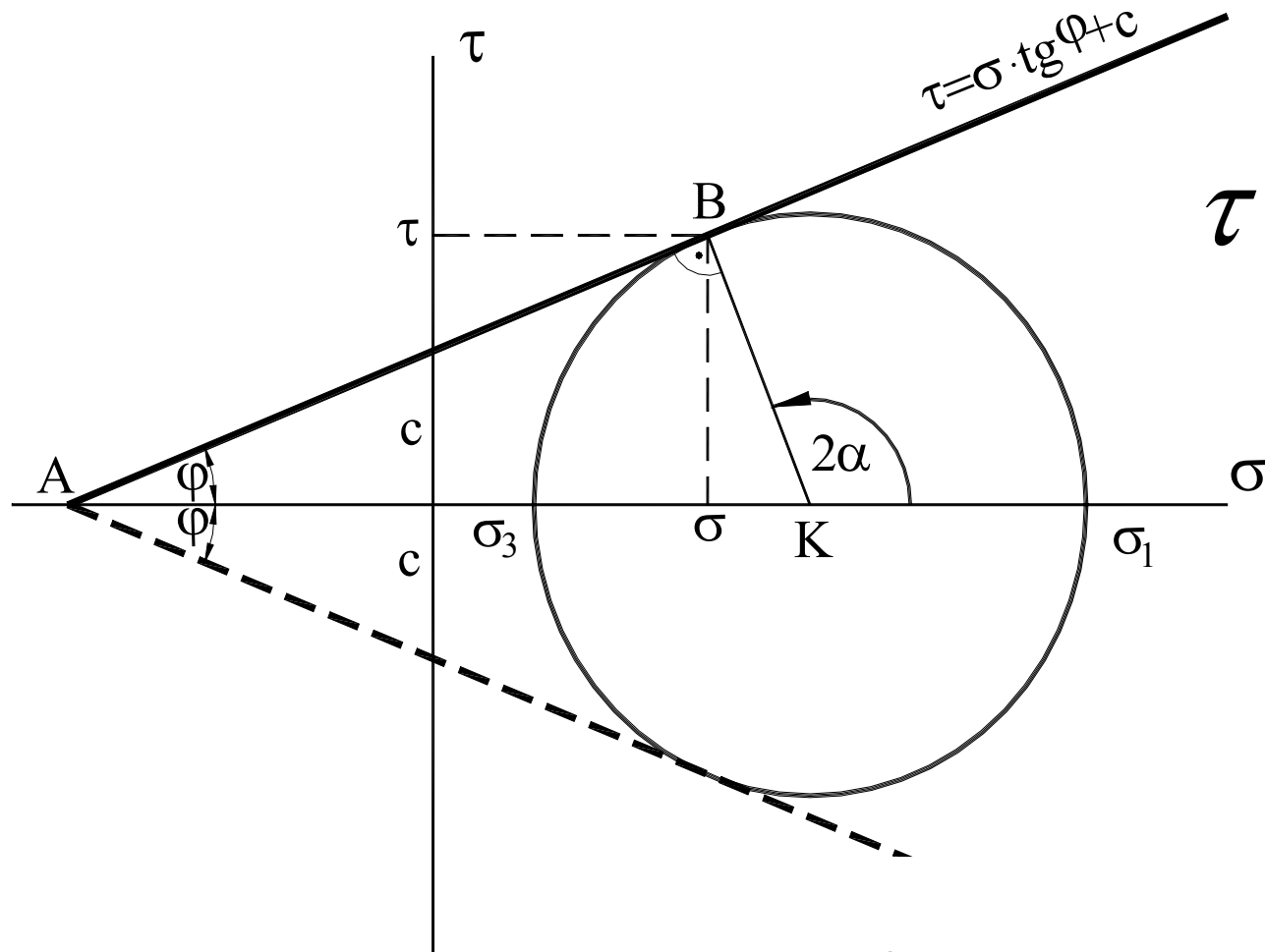
$$\sigma_z = E \cdot \varepsilon_z \quad \varepsilon_x = -\nu \cdot \varepsilon_z$$

- Általános Hooke-törvény – térbeli állapot

$$\varepsilon_z = \frac{1}{E} \cdot \left[\sigma_z - \nu \cdot (\sigma_y + \sigma_x) \right] \quad \gamma_{xz} = \frac{\tau_{xz}}{G}$$

$$G = \frac{E}{2 \cdot (1 + \nu)}$$

Coulomb-féle törési feltétel



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

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

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

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

A talajok
mechanikai viselkedésének
sajátosságai

A talajok mechanikai sajátosságai

- A feszültségek sajátossága a többfázisú összetétel okán
- A kezdeti feszültségi állapot és a feszültségtörténet hatása
- A vízelvezetés és a térfogatváltozás a terhelés közben és után
- A feszültségek és az alakváltozások kapcsolatának sajátosságai
- A talajok viszkózus tulajdonságai
- Egyéb sajátosságok

$$\sigma = \sigma' + u$$

teljes
feszültség

hatékony
feszültség

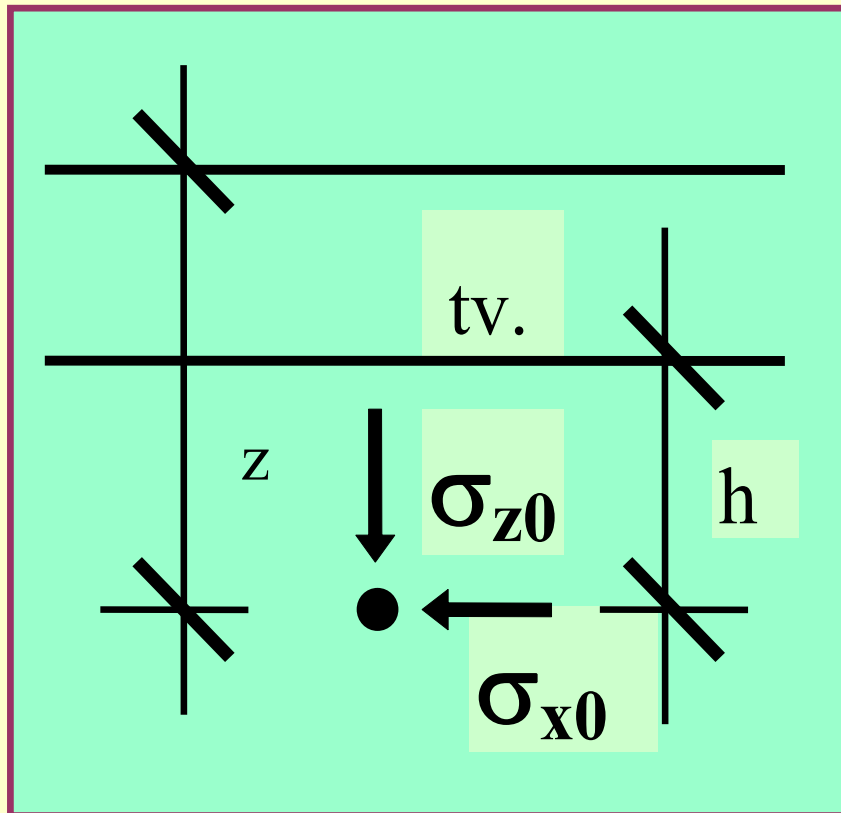
semleges
feszültség

a talaj
egészén

a szemcse-
vázon

a pórus-
vízben

Kezdeti feszültségi állapot



- függőleges teljes feszültség

$$\sigma_{z0} = z \cdot \rho \cdot g$$

- semleges feszültség

$$u_0 = h \cdot \rho_v \cdot g$$

- függőleges hatékony feszültség

$$\sigma'_{z0} = \sigma_{z0} - u_0$$

- vízszintes hatékony feszültség

$$\sigma'_{x0} = \sigma'_{z0} \cdot K_0$$

- vízszintes teljes feszültség

$$\sigma_{x0} = \sigma'_{x0} + u_0$$

Feszültségtörténet

Előterheltségi (túlkonszolidáltsági) viszonyszám

$$\text{OCR} = \frac{\sigma'_{z\max}}{\sigma'_z}$$

Nyugalmi nyomás tényezője

- NC-talajokra Jáky szerint

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

- OC-talajokra mérési adatok szerint

$$K_0 = (1 - \sin \varphi') \cdot \sqrt{\text{OCR}}$$

A terhelés alatt pórusvíznyomástöbblet

nem keletkezik

- nyílt rendszerű terhelés
- drénezett terhelés
- konszolidált terhelés
- lassú terhelés

lassú terhelés +
nagy áteresztőképességű talaj

pl.

töltésépítés kavicsstalajon

keletkezik

- zárt rendszerű terhelés
- drénezetlen terhelés
- konszolidálatlan terhelés
- gyors terhelés

gyors terhelés +
kis áteresztőképességű talaj

pl.

silófeltöltés agyagon

KONSZOLIDÁCIÓ

Tartalma

- a teljes feszültség növekménye hatékonyra változik
- a pórusvíznyomás növekménye zérusra csökken
- lezajlanak az alakváltozások
- lezajlik a vízmozgás

Következménye

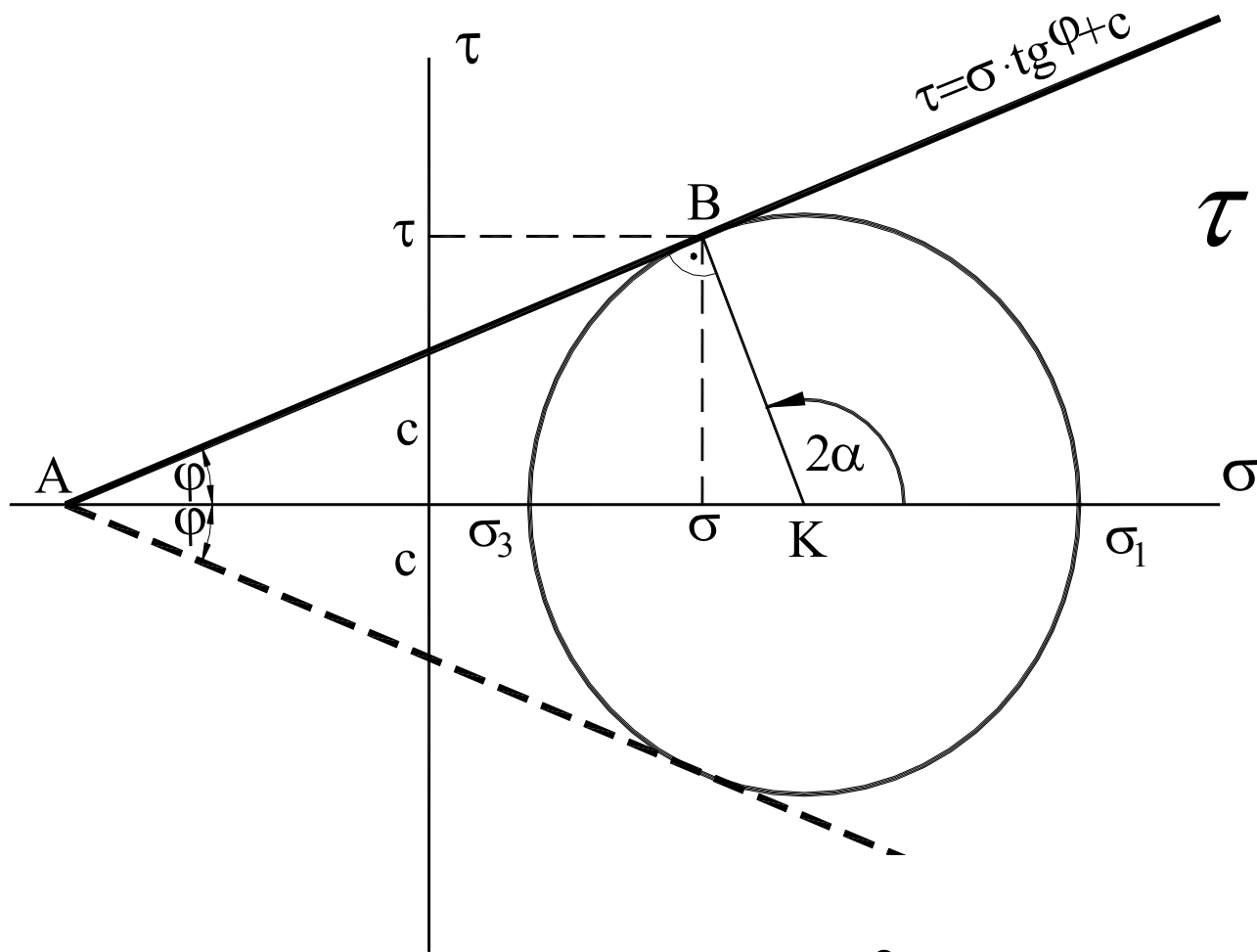
- a talajtöréssel szembeni biztonság az építés (a terhelés) végén a legkisebb, az idővel aztán nő a nyírószilárdság
- időben elhúzódnak a süllyedések

A talajok mechanikai viselkedésének egyéb sajátosságai

- Telítetlen talajok → a hatékony feszültségek bizonytalanok a kapilláris hatás és a suction miatt
- Szerves alkotók → időben elhúzódnak az alakváltozások a szerves anyag rothadása miatt
- Cementáltság → kohéziót eredményez, de a törés után elveszik (rideg viselkedés)
- Gyenge felületek → csak reziduális nyírószilárdság működik, a korábbi mozgások miatt
- Inhomogenitás → a jellemző mechanikai paraméterek felvétele a térbeli változások miatt nehéz
- Anizotrópia → irányfüggő szilárdság a csúszólapokon, bizonytalan vízszintes feszültségek

A törési állapot leírása és vizsgálata

Coulomb féle törési feltétel



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

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

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

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

A talajok mechanikai viselkedésének sajátosságai

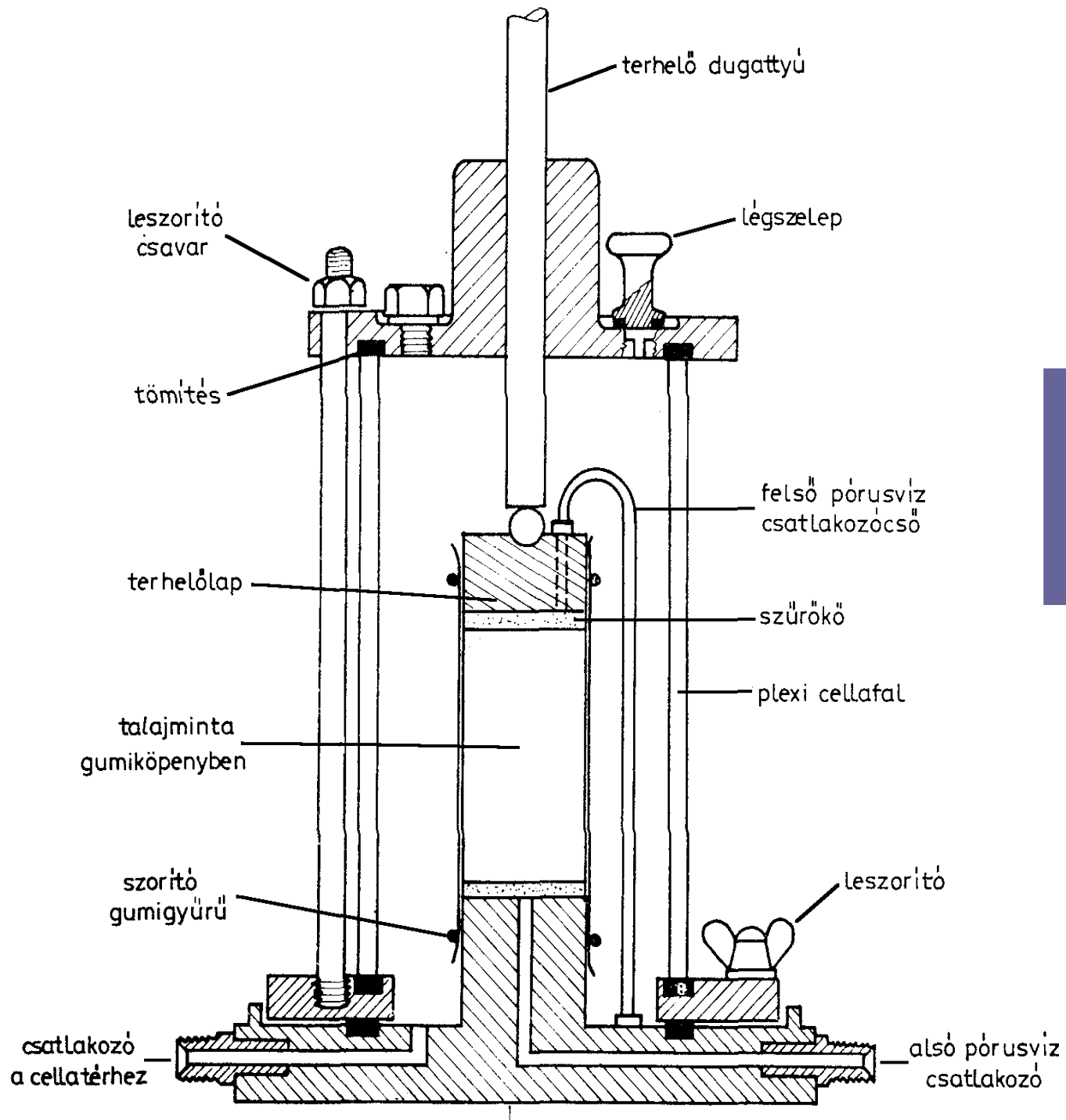
- Feszültségek a szemcsevázon és a pórusvízben
- Kezdeti feszültségi állapot, feszültségtörténet
- Konszolidáció a terhelés alatt vagy után
- Alakváltozások jellege és mértéke
- Viszkózus tulajdonságok

A vizsgálatok modellezési elve

- A kezdeti feszültségi állapotból kiindulva a várható feszültségváltozásokat utánozva terheljük.
- Az alakváltozások jellege, mértéke feleljen a valóságban várhatónak.
- Az alakváltozások sebessége is feleljen meg a várható terhelési sebességnek.

Laboratóriumi nyírószilárdsági vizsgálatok

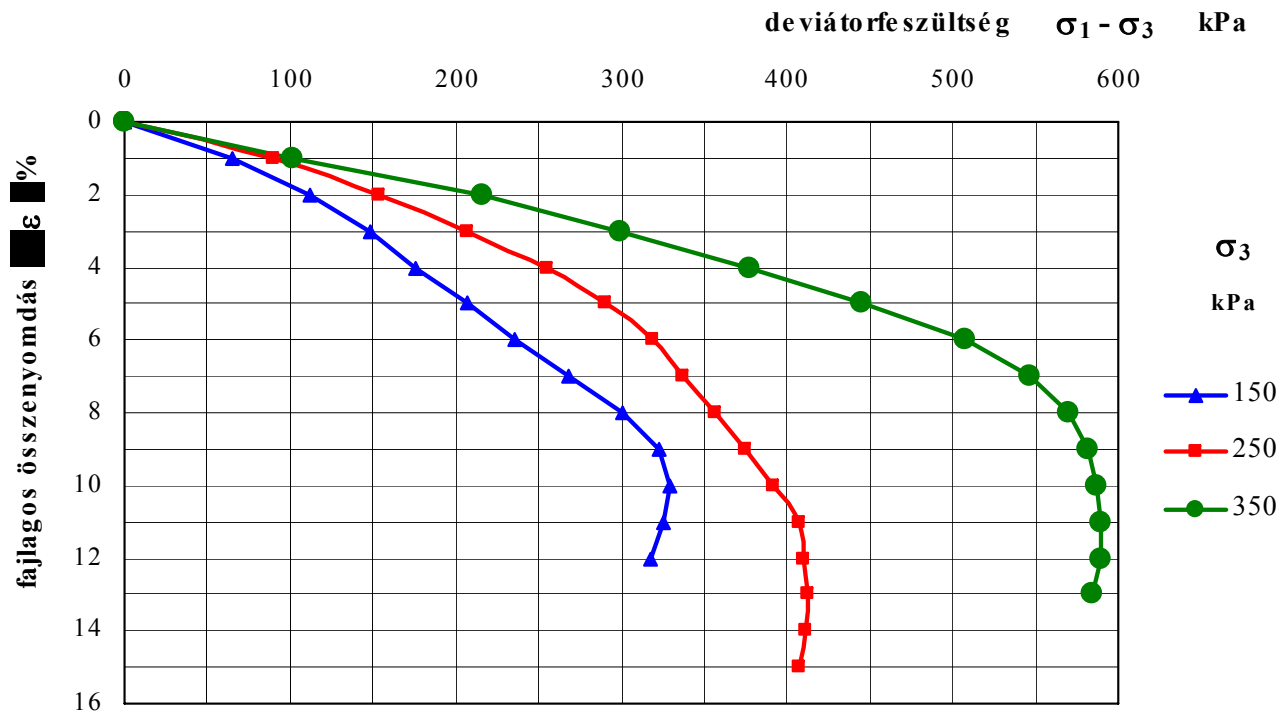
legfontosabb vizsgálatok	egyszerűsített vizsgálatok	speciális továbbfejlesztett vizsgálatok	
triaxiális vizsgálat	egyirányú nyomóvizsg.	valódi triax. vizsgálat	síkbeli fesz. áll. vizsg.
dobozos nyírás	billentéses vizsgálat	valódi nyírás	torziós vizsgálat



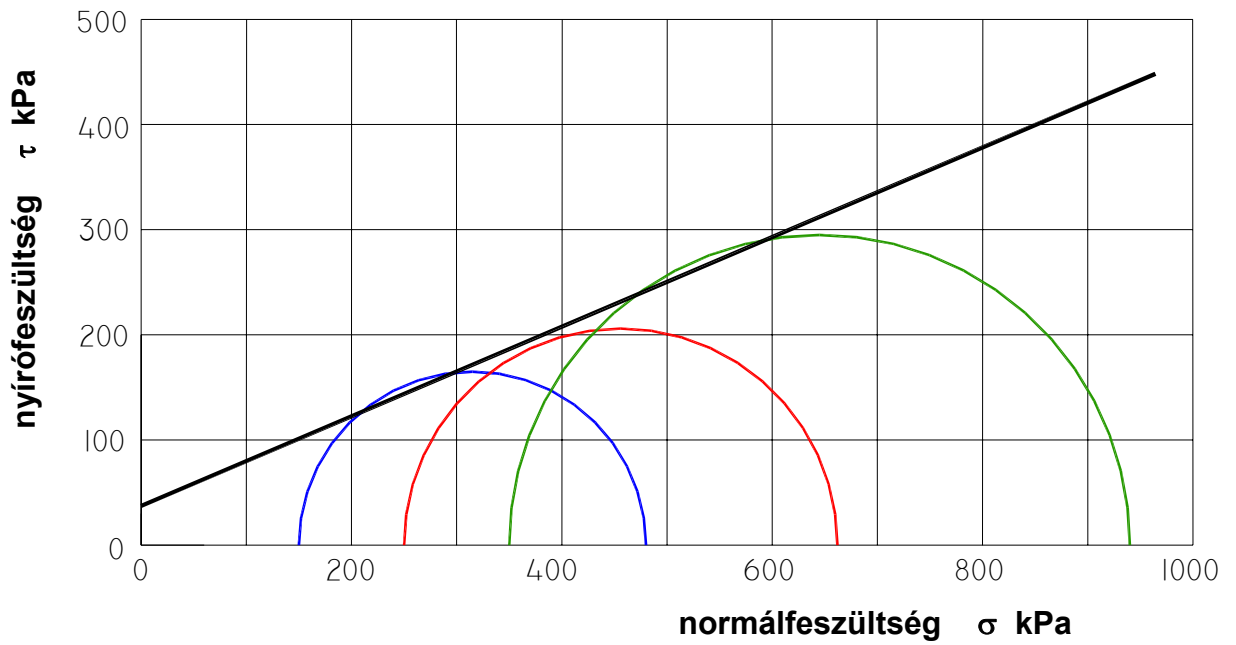
Triaxiális cella



Rutinszerű
triaxiális
vizsgálat
feldolgozása



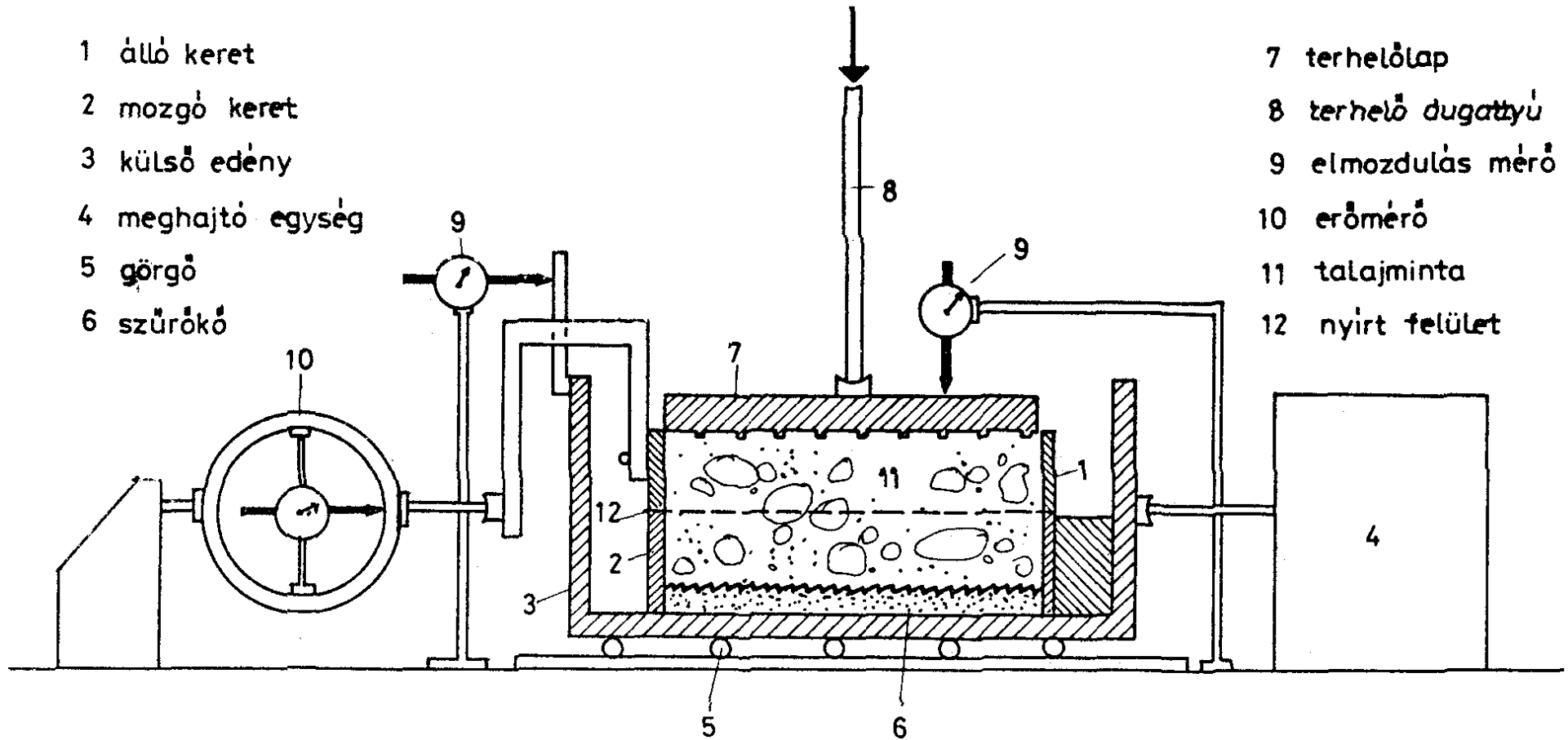
$\phi = 23,1$
 $c = 37,3$ kPa



Dobozos nyírás

- 1 álló keret
- 2 mozgó keret
- 3 külső edény
- 4 meghajtó egység
- 5 görgő
- 6 szűrőkö

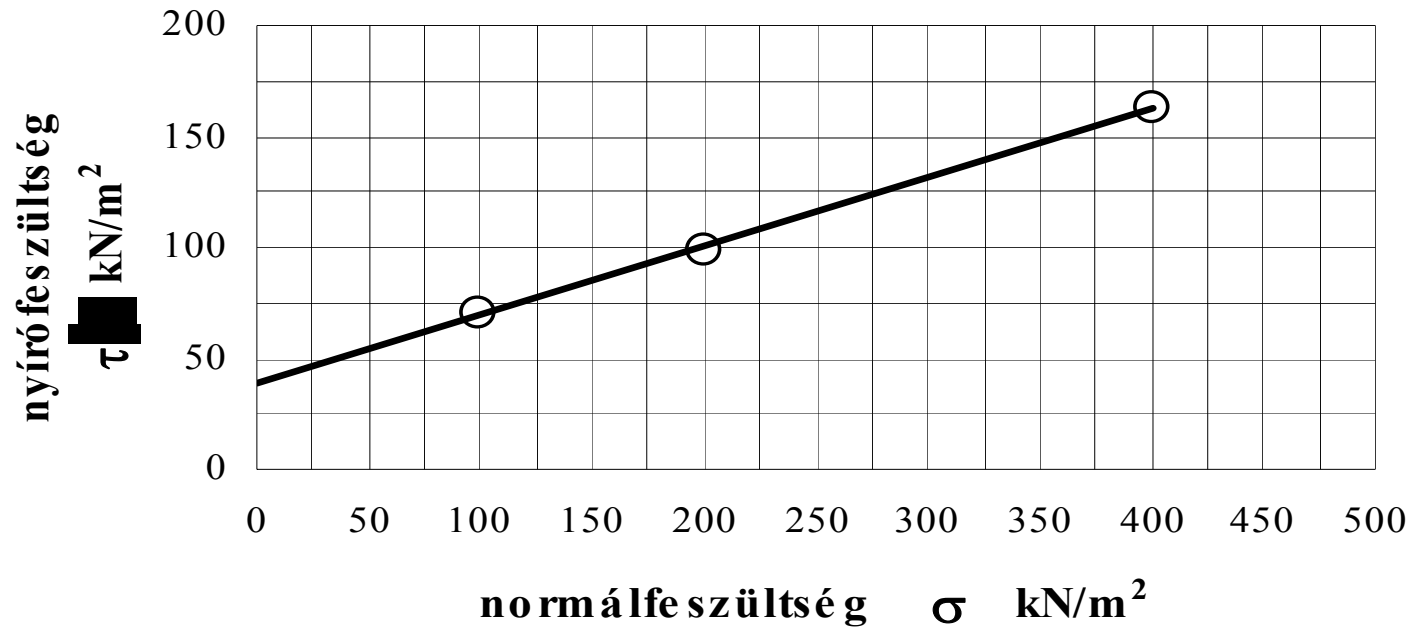
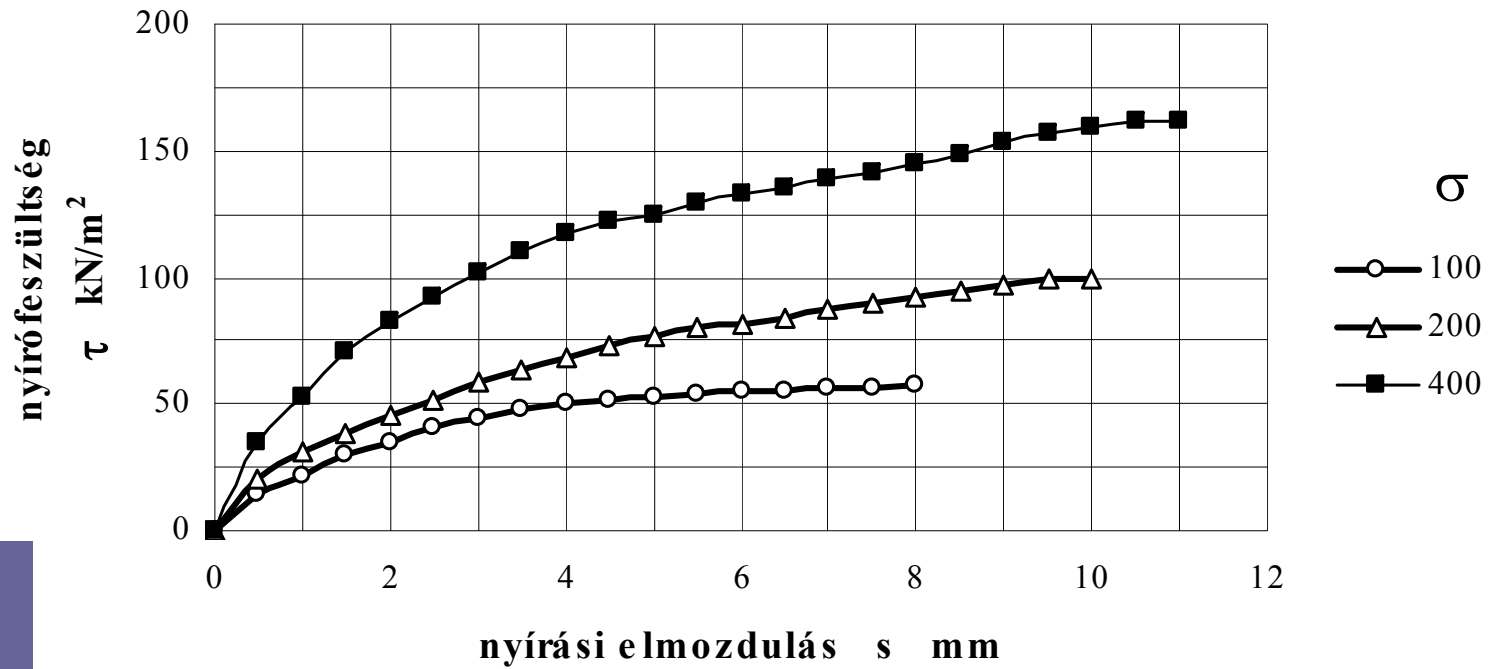
- 7 terhelőlap
- 8 terhelő dugattyú
- 9 elmozdulás mérő
- 10 erőmérő
- 11 talajminta
- 12 nyirt felület





**Dobozos
nyíróvizsgálat
feldolgozása**

$\phi = 17^\circ$
 $c = 40 \text{ kN/m}^2$



Nyomószondázás



Terepi
nyíró-
szilárd-
sági
vizsgá-
latok

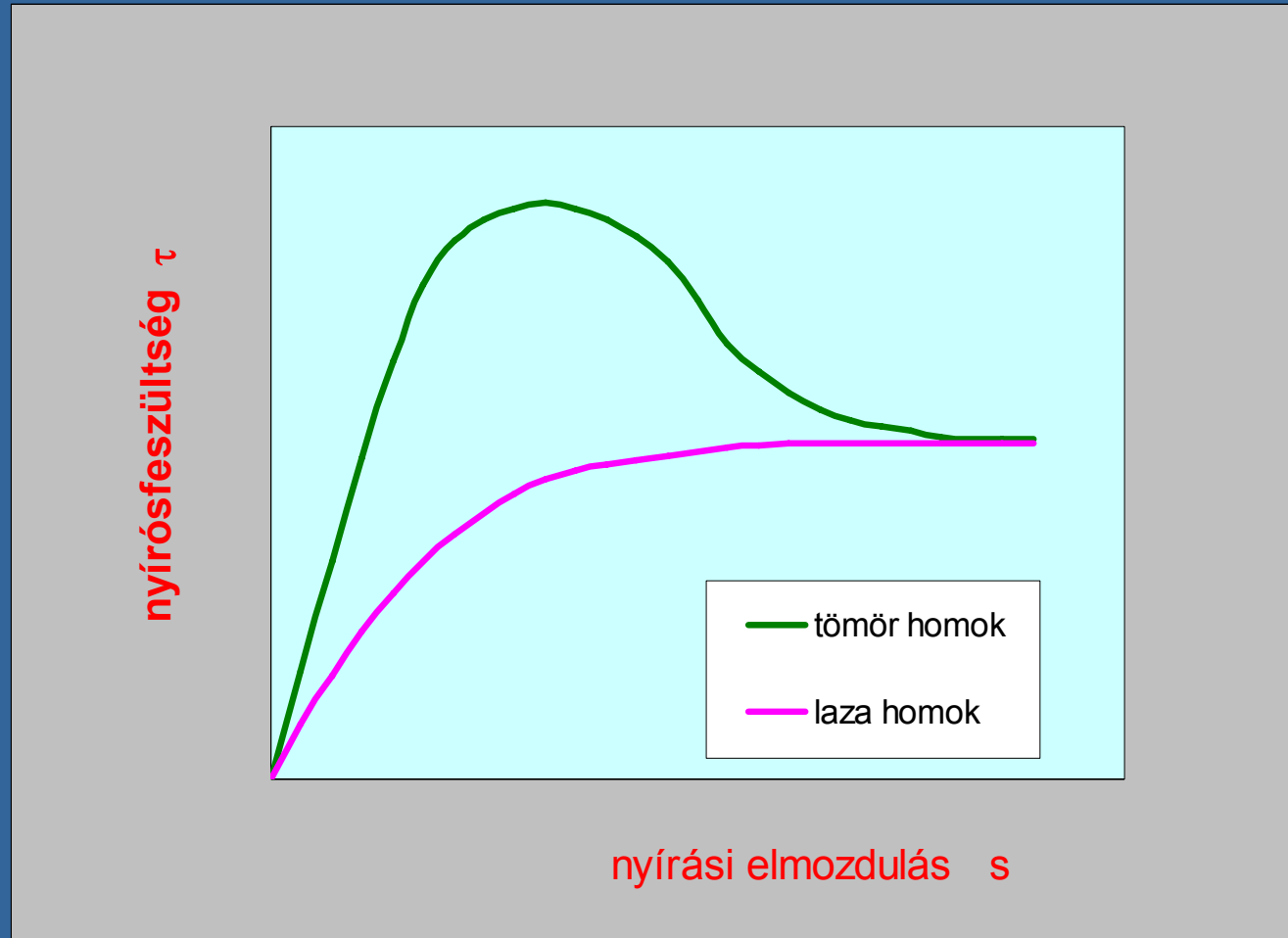


Nyírószondázás



Presszióméteri
vizsgálat

Szemcsés talajok nyírószilárdsága



szerkezeti ellenállás

szemcsék közötti súrlódás

Az alakváltozások leírása és vizsgálata

**Az összenyomódás
időben elhúzódva és
a feszültség nagyságától függően
zajlik le**

$$\varepsilon = f (t ; \sigma)$$

szétválasztás

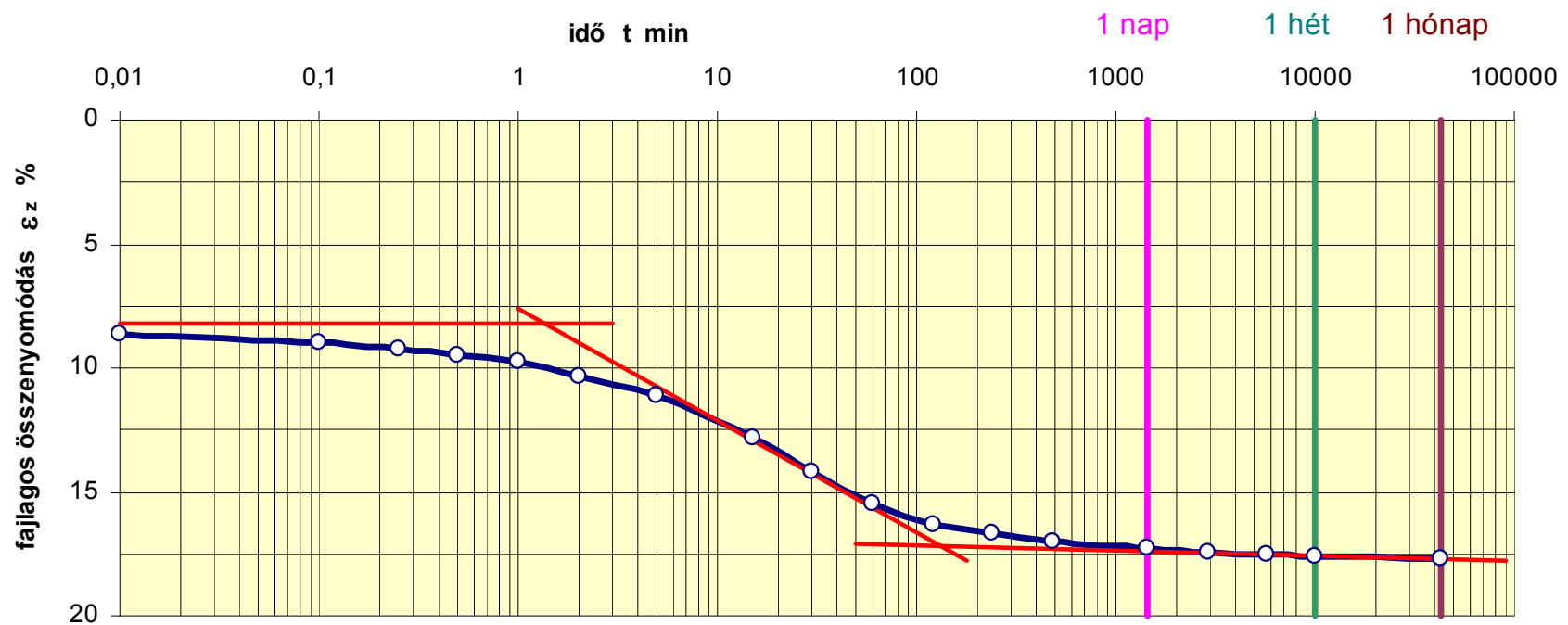
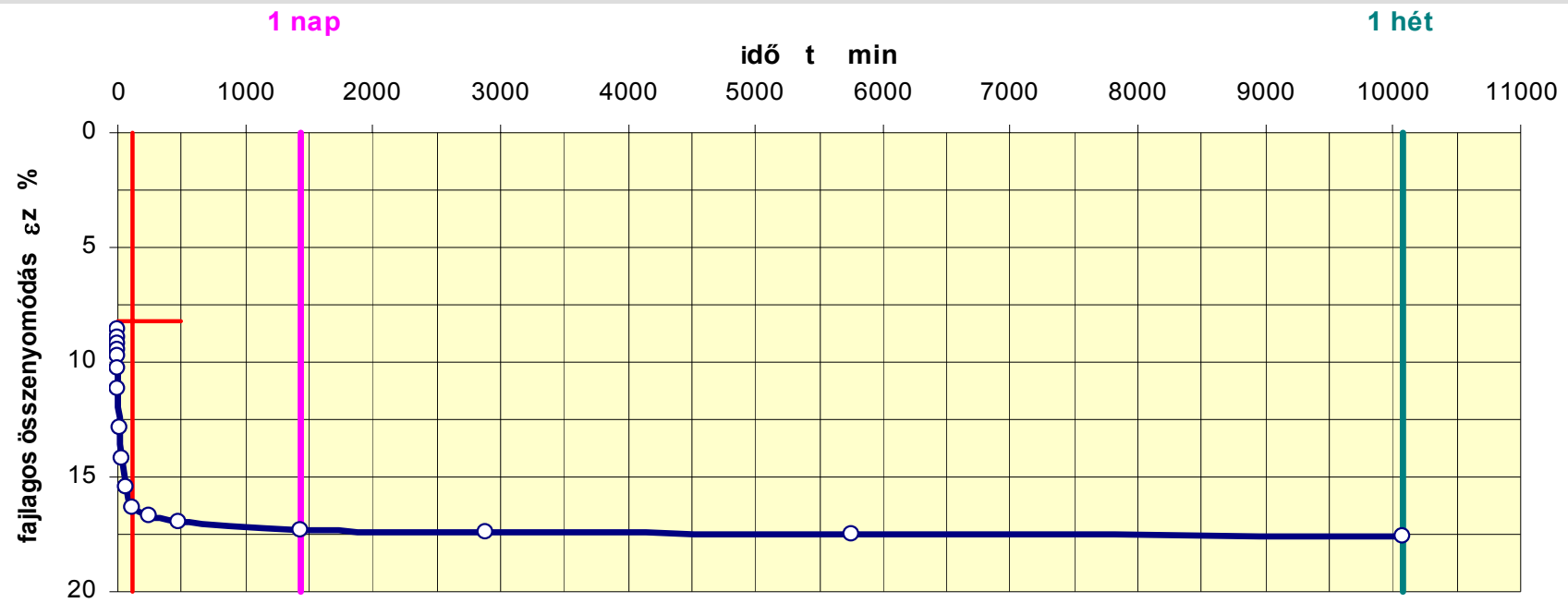
$$\varepsilon = f (t ; \sigma = \text{const.}) \quad \varepsilon = f (t = \text{const.} ; \sigma)$$

Alakváltozás számítása

- **Térbeli állapot figyelembevétele**
 - alapok széle alatt
 - számítógépes tervezéskor
 - azonnali összenyomódás számítására
 - Hooke-törvény vagy
bonyolultabb nem-lineáris anyagmodellek alapján
- **Lineáris alakváltozási állapot**
 - szélesebb alapok, töltések (közepe) alatt
 - a rutinszerű mérnöki gyakorlatban
 - kompressziós görbe, annak linearizálásával nyert összenyomódási modulus vagy szemilogaritmikus vagy hatványösszefüggés alapján

A talajok összenyomódásának összetevői és időbeli alakulása

- azonnali összenyomódás
- konszolidációs összenyomódás
- másodlagos összenyomódás (kúszás)



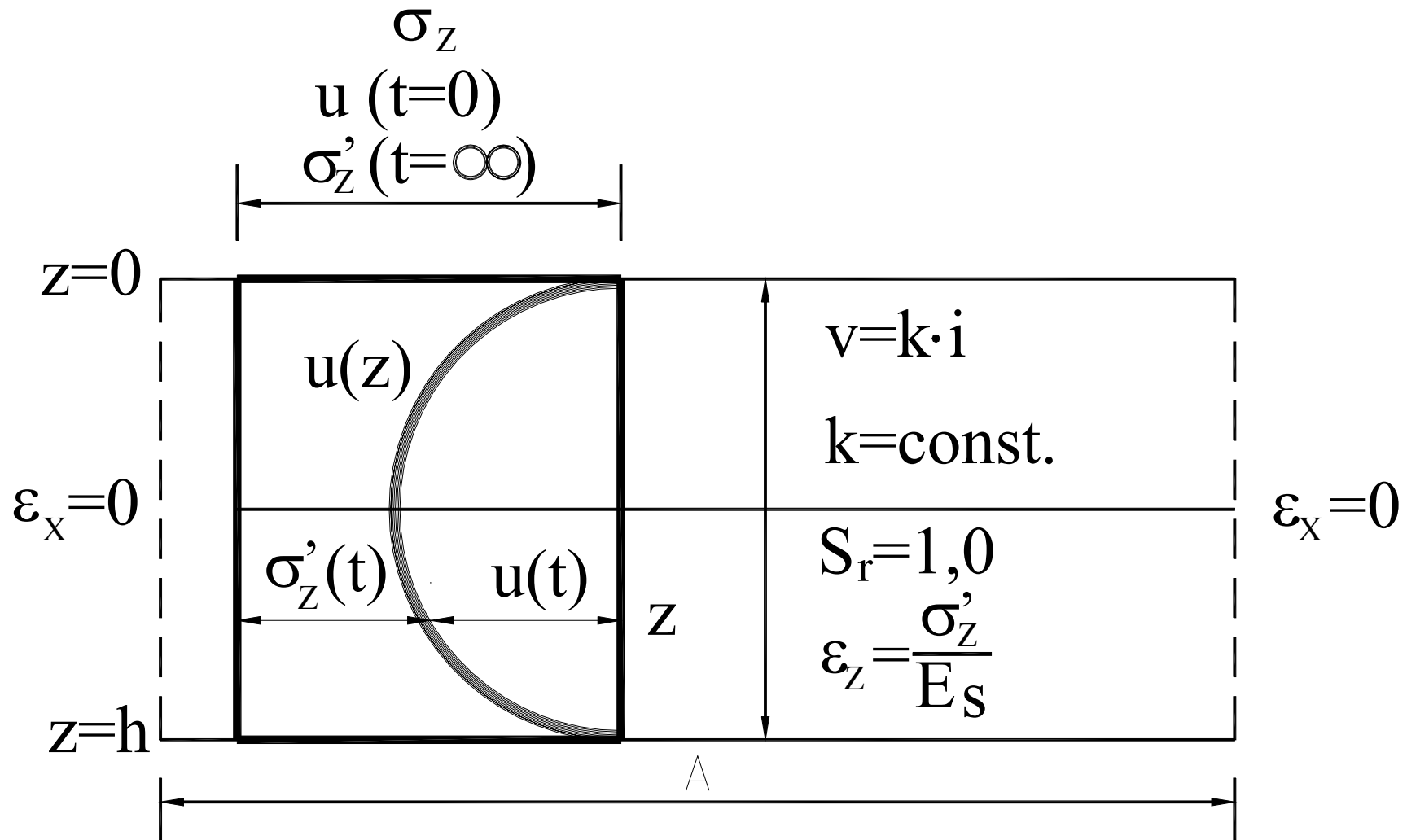
Azonnali összenyomódás

- Telített talaj
 - térfogatállandóság melletti függőleges összenyomódás az oldalirányú alakváltozás miatt
 - számítása a Hooke-törvénnyel
 - $\nu=0,5$ és E_u triaxiális vizsgálatból
- Telítetlen talaj
 - az előbbi mellett még a levegő összenyomódása is

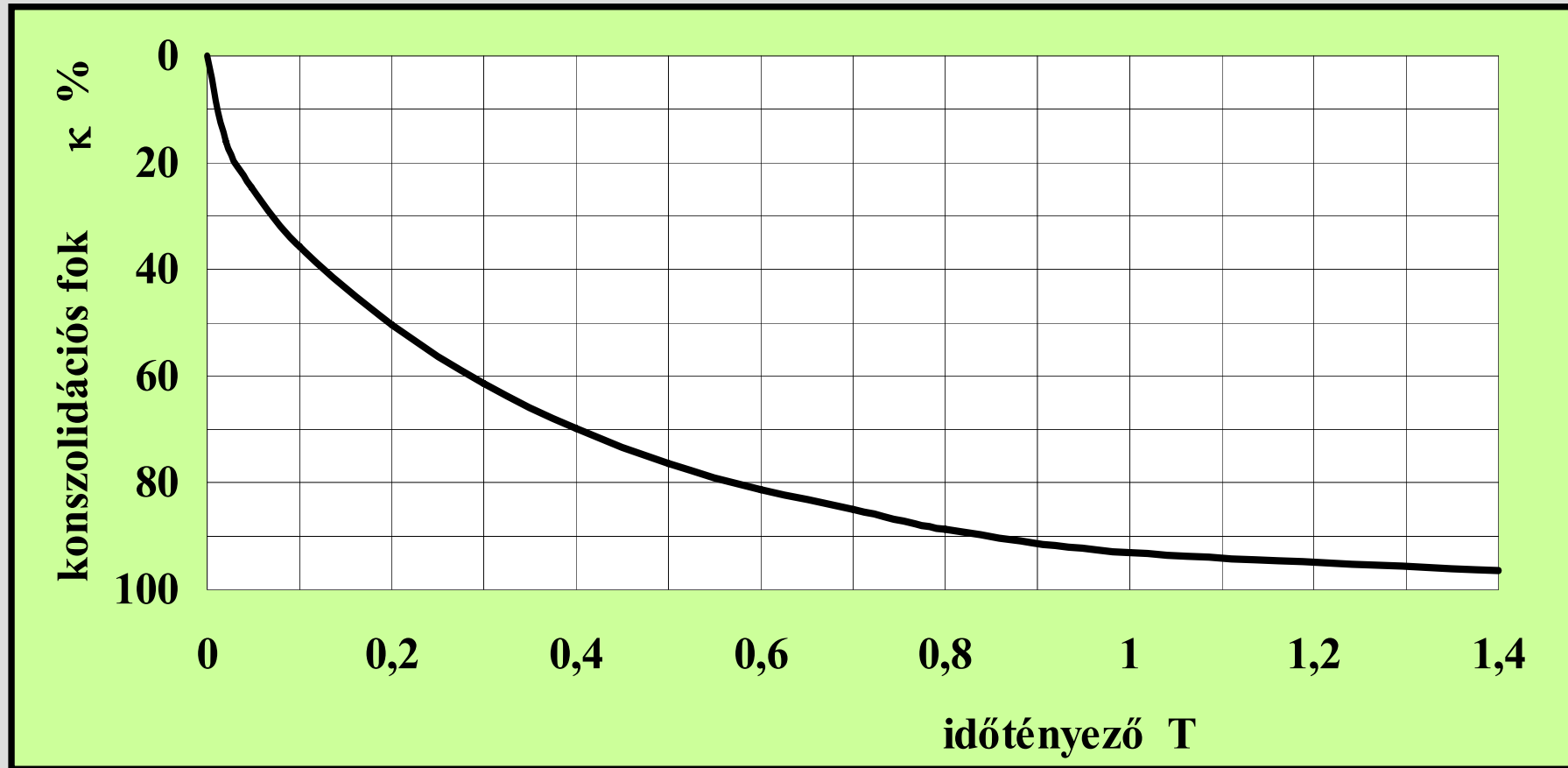
Konszolidációs összenyomódás

- a vízkiáramlás miatt késleltetett tömörödés
- lineáris alakváltozási állapot feltételezése
- Terzaghi egydimenziós konszolidációs elmélete
- fejlesztés bonyolultabb esetekre
(lineárisan növekvő terhelés, térbeli vízáramlás,
mélységgel változó alakváltozás, radiális konszolidáció)

Terzaghi: egy réteg konszolidációja



Az elméleti konszolidációs görbe



$$\kappa = \frac{\Delta h(t)}{\Delta h(t = \infty)}$$

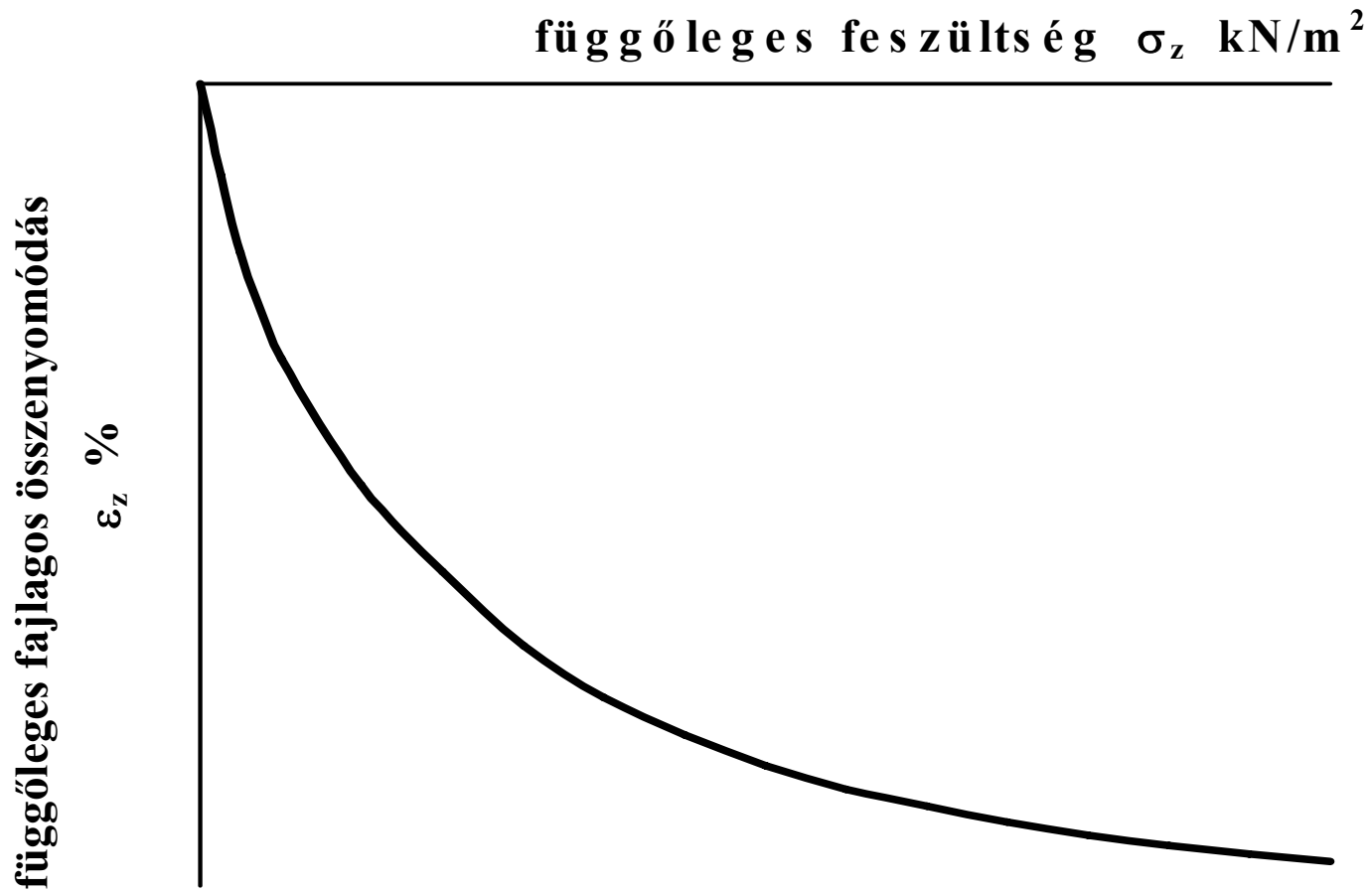
$$T = \frac{k \cdot E_s}{\rho_v \cdot g} \cdot \frac{1}{H^2} \cdot t = c_v \cdot \frac{1}{H^2} \cdot t$$

a talajok összenyomódásának függése a feszültségtől

$t = \text{const.}$ ésszerűen kiválasztott időtartam alatt

- azonnali süllyedés $t_0 = 0$
- a konszolidáció vége $t_c = t_{98} \approx 1-3 \text{ év}$
- az építmény élettartama $t_\epsilon \approx 50-100 \text{ év}$
(ha van kúszás)

Kompressziós görbe



Kompressziós görbe matematikai közelítései

- Linearizálás a megfelelő tartományban

$$\varepsilon_z = \frac{\sigma'_z}{E_s}$$

- Szemilogaritmikus közelítés

$$\varepsilon_z = \frac{C}{1 + e_0} \cdot \ln \frac{\sigma'_{z0} + \sigma'_z}{\sigma'_{z0}}$$

- Hatványfüggvény

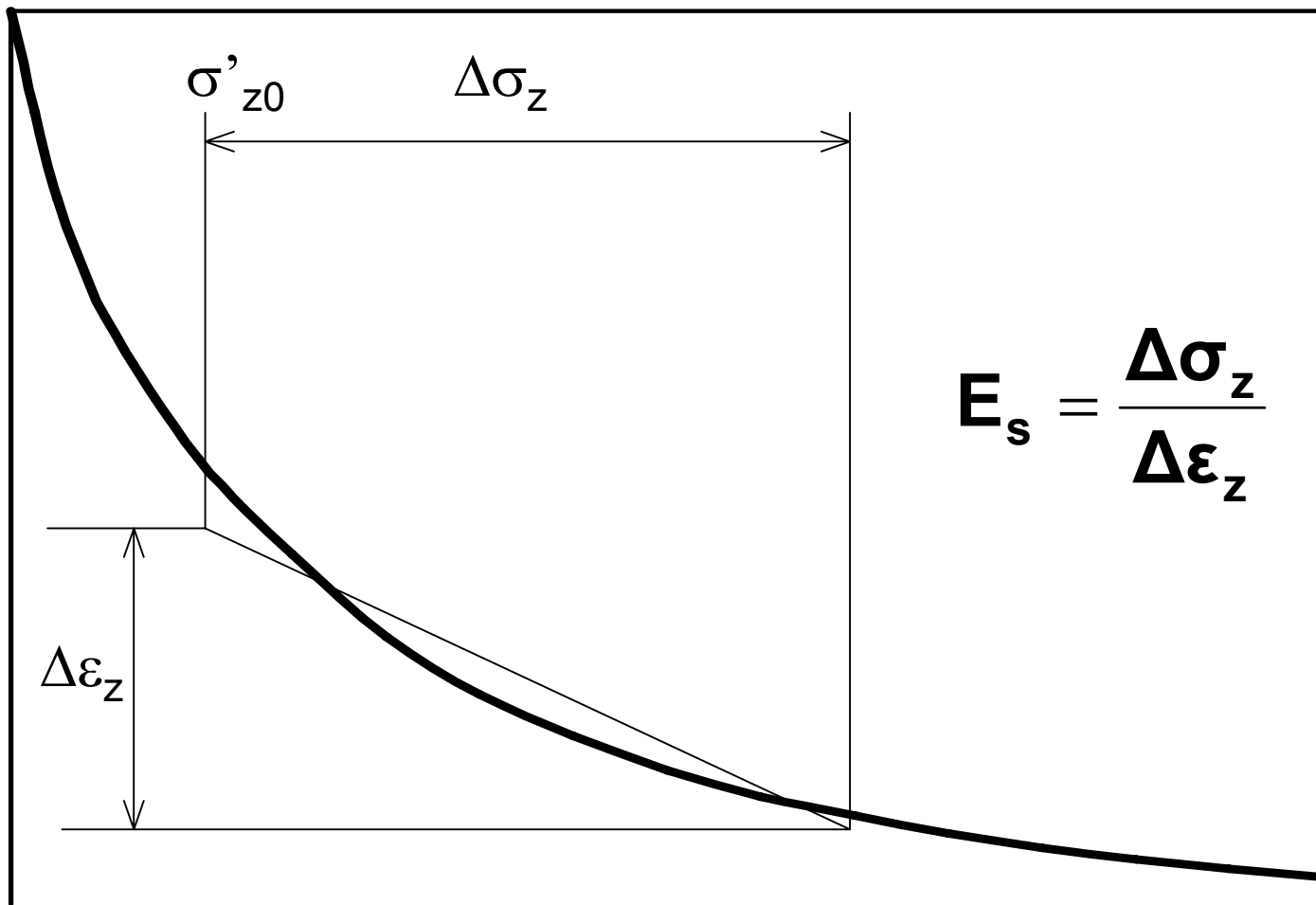
$$\varepsilon_z = a \cdot \sigma_z'^b \quad E_s = v \cdot p_a \cdot \left(\frac{\sigma'_z}{p_a} \right)^w$$

σ'_{z0}
 $\Delta\sigma_z$

a rétegre jellemző kezdeti függőleges hatékony feszültség
a rétegre jellemző függőleges feszültségnövekmény

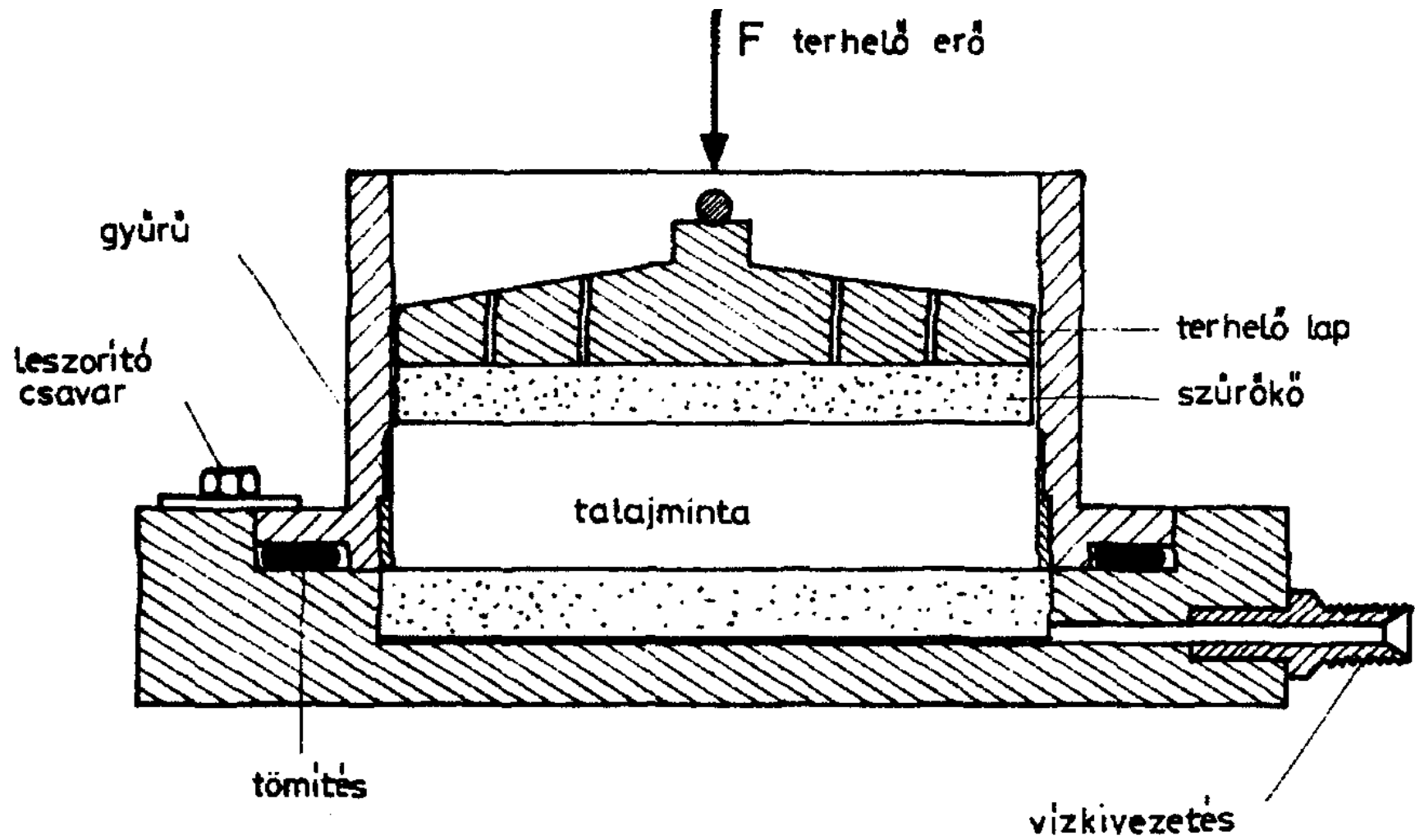
függőleges fajlagos összenyomódás
 ε_z %

függőleges feszültség σ_z kN/m²



$$E_s = \frac{\Delta\sigma_z}{\Delta\varepsilon_z}$$

ödométer





Kompressziós
berendezés

Ödométeres vizsgálat

- Terhelési lépcsők
 - (10) - 50 - 100 - 200 - 400- 800
 - más módszerek is vannak
- Terhelési időtartam
 - 24 óra
 - 0,02 mm/óra sebesség
 - a konszolidáció végéig