

ÉPÍTŐANYAGOK REOLÓGIAI TULAJDONSÁGAINAK VIZSGÁLATA A DE-ATC-MFK MÉLY- ÉS SZERKEZETÉPÍTÉSI TANSZÉKÉN

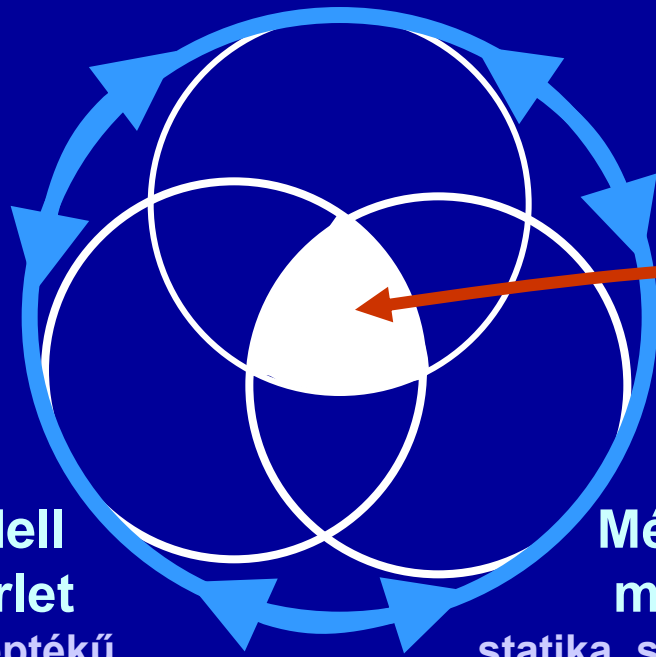
Dr. Kovács Imre PhD.

tanszékvezető főiskolai docens

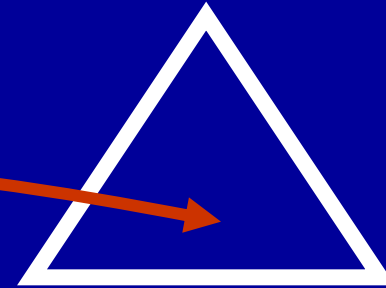
Vizsgálataink szintjei

Numerikus szimuláció
lineáris, nem lineáris vizsgálat

Anyagjellemzők
homogén, inhomogén, izotróp, anizotróp
lineárisan rugalmas, nem lineárisan rugalmas,
képlékeny, viszkózus, reológiai jellemzők



**Szerkezeti
viselkedés**



Környezet
terhek, hatások,
tartóssági kérdések

Mérethatás
„size effect”

**Modell
kísérlet**

valós léptékű
nem valós léptékű

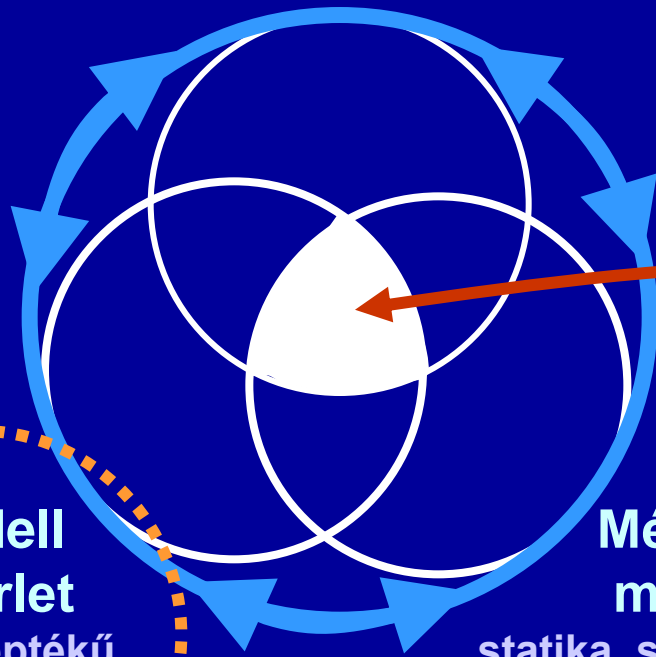
**Mérnöki
modell**

statika, szilárdságtan,
rugalmasságtan, dinamika

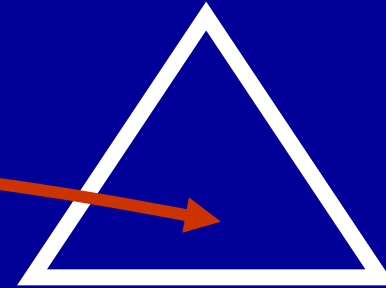
Vizsgálataink szintjei

Numerikus szimuláció
lineáris, nem lineáris vizsgálat

Anyagjellemzők
homogén, inhomogén, izotróp, anizotróp
lineárisan rugalmas, nem lineárisan rugalmas,
képlékeny, viszkózus, reológiai jellemzők



**Szerkezeti
viselkedés**



Környezet
terhek, hatások,
tartóssági kérdések

Mérethatás
„size effect”

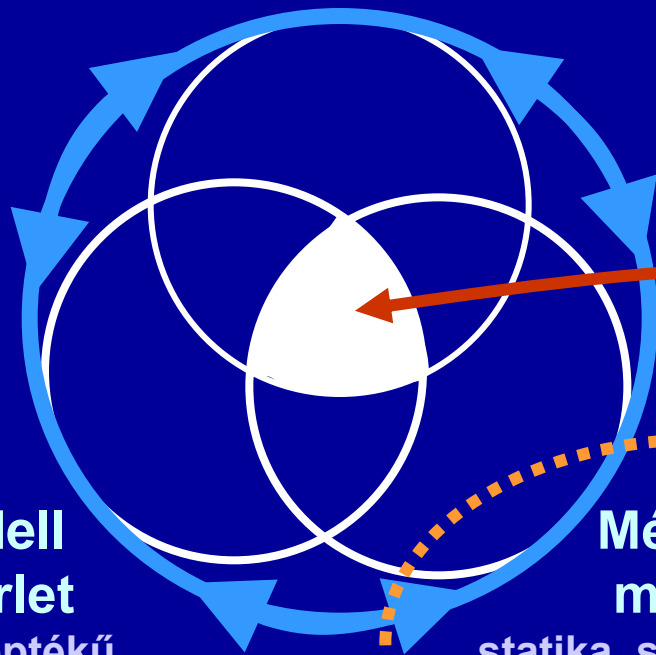
**Mérnöki
modell**
statika, szilárdságtan,
rugalmasságtan, dinamika

**Modell
kísérlet**
valós léptékű
nem valós léptékű

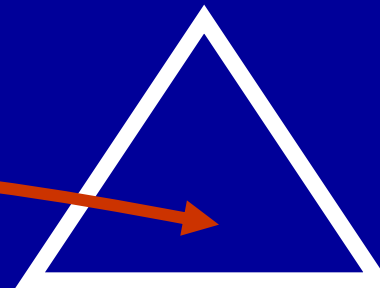
Vizsgálataink szintjei

Numerikus szimuláció
lineáris, nem lineáris vizsgálat

Anyagjellemzők
homogén, inhomogén, izotróp, anizotróp
lineárisan rugalmas, nem lineárisan rugalmas,
képlékeny, viszkózus, reológiai jellemzők



**Szerkezeti
viselkedés**



Környezet
terhek, hatások,
tartóssági kérdések

Mérethatás
„size effect”

**Modell
kísérlet**

valós léptékű
nem valós léptékű

**Mérnöki
modell**

statika, szilárdságtan,
rugalmasságtan, dinamika

Vizsgálataink szintjei

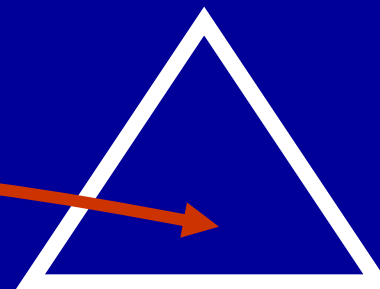
Numerikus szimuláció

lineáris, nem lineáris vizsgálat

Anyagjellemzők

homogén, inhomogén, izotróp, anizotróp
lineárisan rugalmas, nem lineárisan rugalmas,
képlékeny, viszkózus, reológiai jellemzők

**Szerkezeti
viselkedés**



Környezet

terhek, hatások,
tartóssági kérdések

Mérethatás

„size effect”

**Modell
kísérlet**

valós léptékű
nem valós léptékű

**Mérnöki
modell**

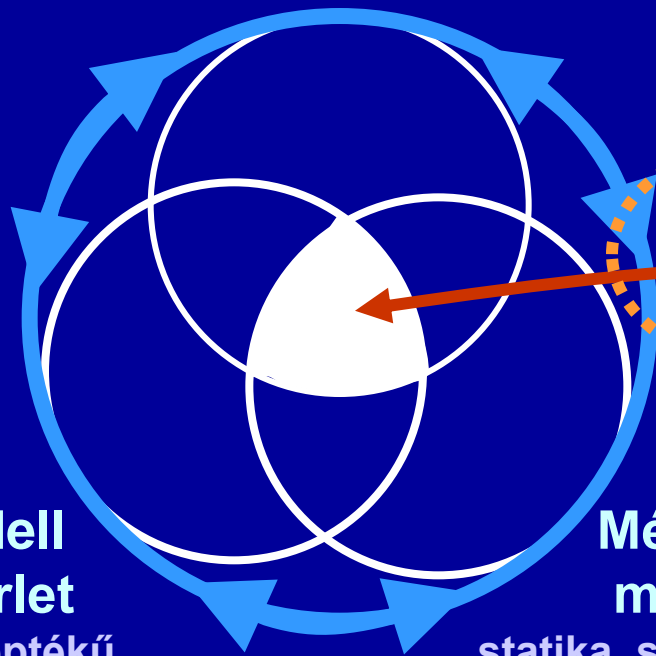
statika, szilárdságtan,
rugalmasságtan, dinamika

Vizsgálataink szintjei

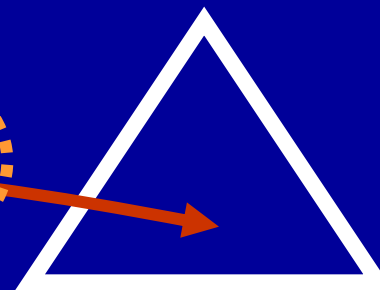
Numerikus szimuláció
lineáris, nem lineáris vizsgálat

Anyagjellemzők

homogén, inhomogén, izotróp, anizotróp
lineárisan rugalmas, nem lineárisan rugalmas,
képlékeny, viszkózus, reológiai jellemzők



**Szerkezeti
viselkedés**



Környezet
terhek, hatások,
tartóssági kérdések

Mérethatás
„size effect”

**Modell
kísérlet**

valós léptékű
nem valós léptékű

**Mérnöki
modell**

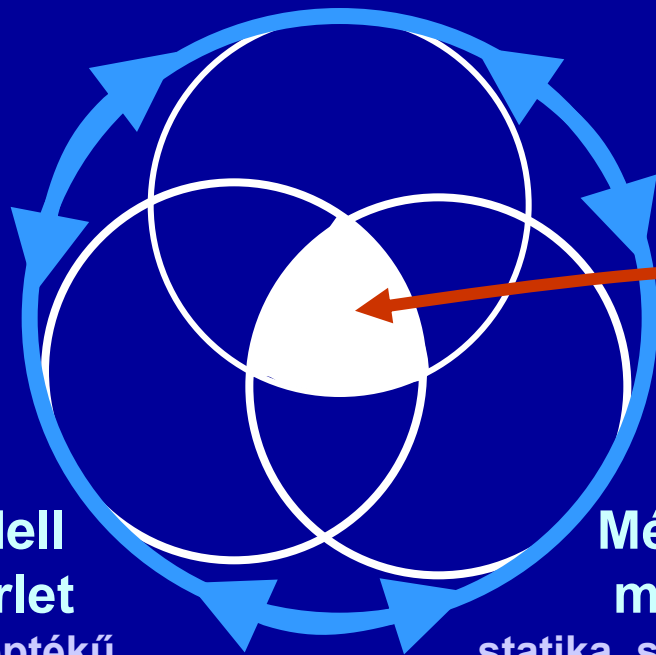
statika, szilárdságtan,
rugalmasságtan, dinamika

Vizsgálataink szintjei

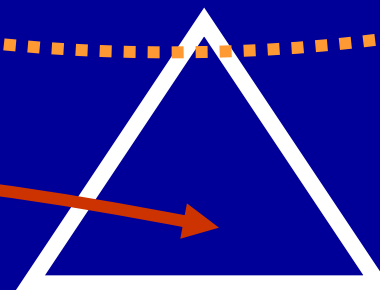
Numerikus szimuláció
lineáris, nem lineáris vizsgálat

Anyagjellemzők

homogén, inhomogén, izotróp, anizotróp
lineárisan rugalmas, nem lineárisan rugalmas,
képlékeny, viszkózus, reológiai jellemzők



**Szerkezeti
viselkedés**



Környezet
terhek, hatások,
tartóssági kérdések

Mérethatás
„size effect”

**Modell
kísérlet**

valós léptékű
nem valós léptékű

**Mérnöki
modell**

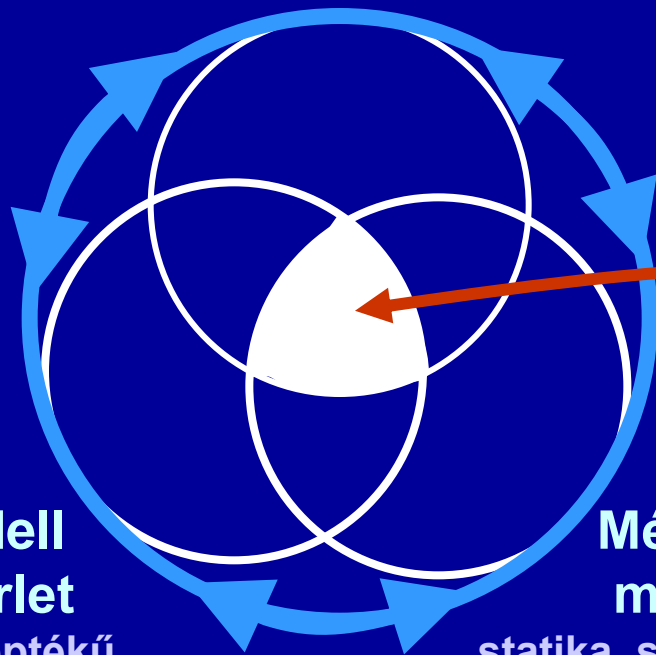
statika, szilárdságtan,
rugalmasságtan, dinamika

Vizsgálataink szintjei

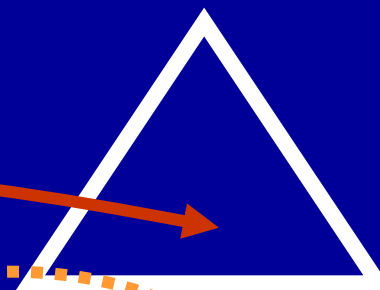
Numerikus szimuláció
lineáris, nem lineáris vizsgálat

Anyagjellemzők

homogén, inhomogén, izotróp, anizotróp
lineárisan rugalmas, nem lineárisan rugalmas,
képlékeny, viszkózus, reológiai jellemzők



**Szerkezeti
viselkedés**



Környezet

terhek, hatások,
tartóssági kérdések

Mérethatás
„size effect”

**Modell
kísérlet**

valós léptékű
nem valós léptékű

**Mérnöki
modell**

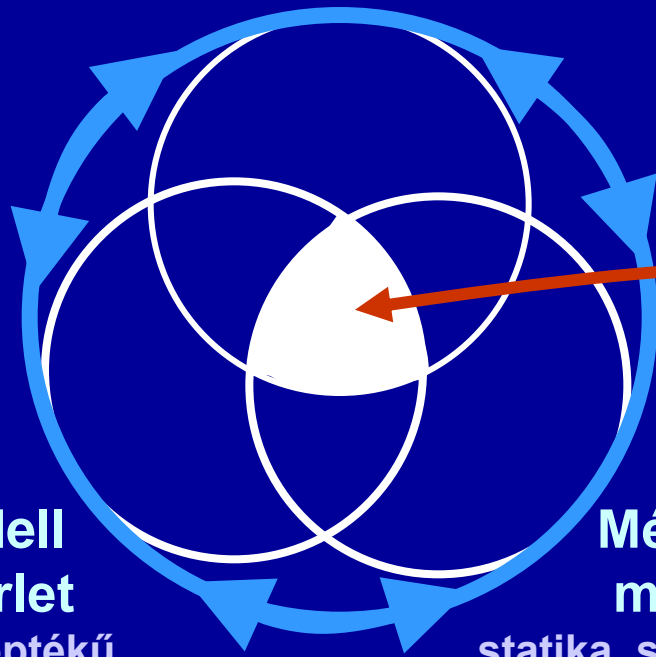
statika, szilárdságtan,
rugalmasságtan, dinamika

Vizsgálataink szintjei

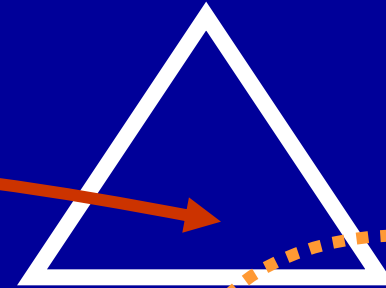
Numerikus szimuláció
lineáris, nem lineáris vizsgálat

Anyagjellemzők

homogén, inhomogén, izotróp, anizotróp
lineárisan rugalmas, nem lineárisan rugalmas,
képlékeny, viszkózus, reológiai jellemzők



**Szerkezeti
viselkedés**



Környezet
terhek, hatások,
tartóssági kérdések

Mérethatás
„size effect”

**Modell
kísérlet**

valós léptékű
nem valós léptékű

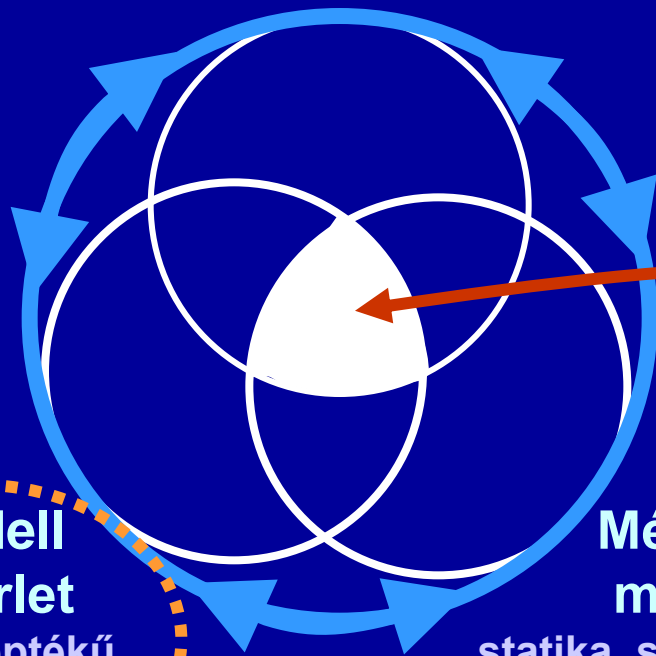
**Mérnöki
modell**

statika, szilárdságtan,
rugalmasságtan, dinamika

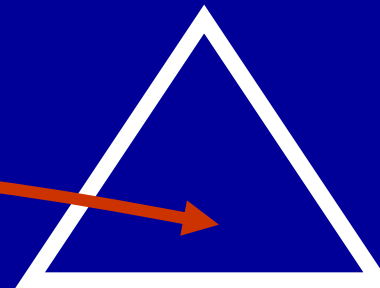
Vizsgálataink szintjei

Numerikus szimuláció
lineáris, nem lineáris vizsgálat

Anyagjellemzők
homogén, inhomogén, izotróp, anizotróp
lineárisan rugalmas, nem lineárisan rugalmas,
képlékeny, viszkózus, reológiai jellemzők



**Szerkezeti
viselkedés**



Környezet
terhek, hatások,
tartóssági kérdések

Mérethatás
„size effect”

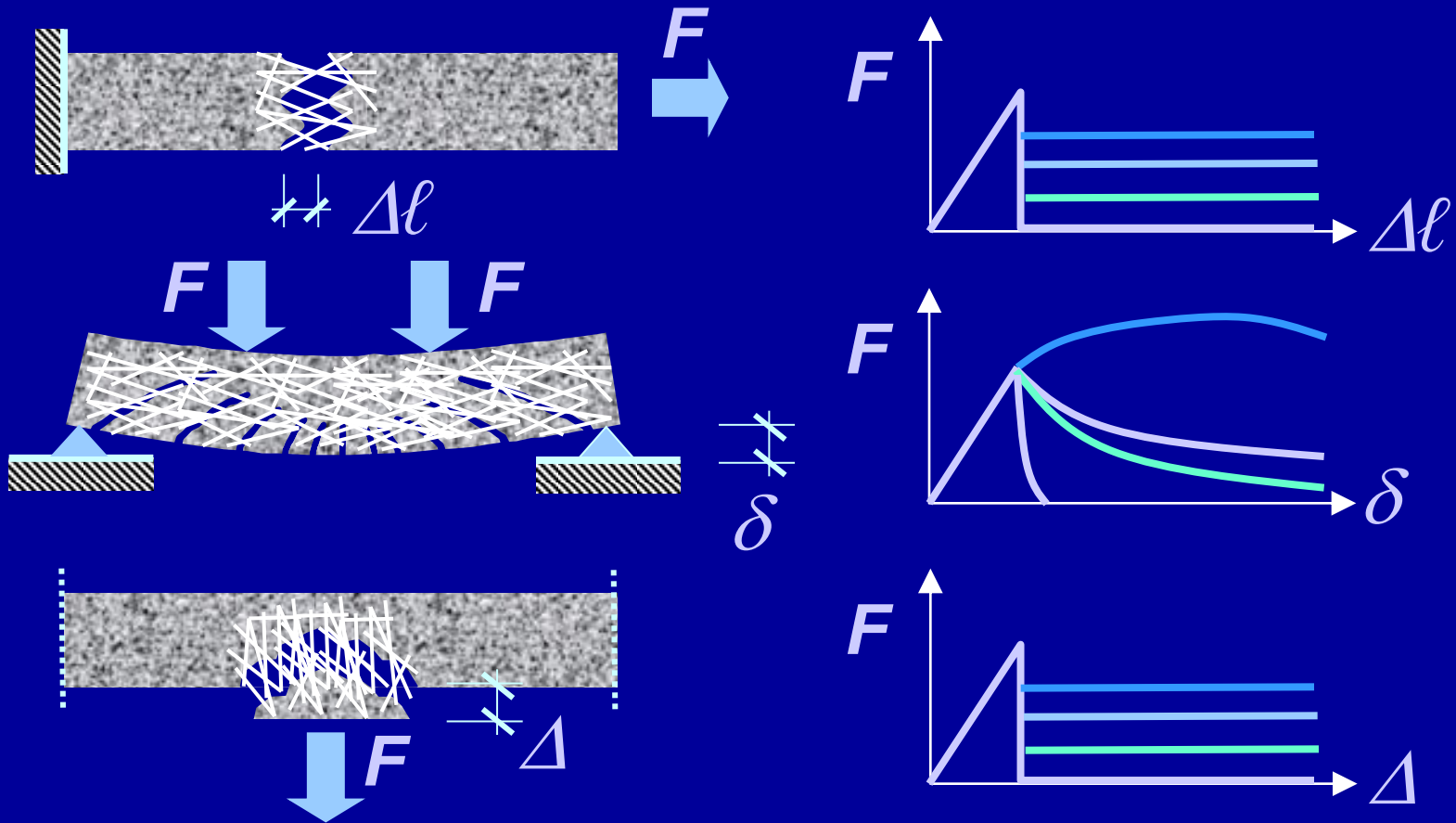
**Mérnöki
modell**
statika, szilárdságtan,
rugalmasságtan, dinamika



**Modell
kísérlet**
valós léptékű
nem valós léptékű

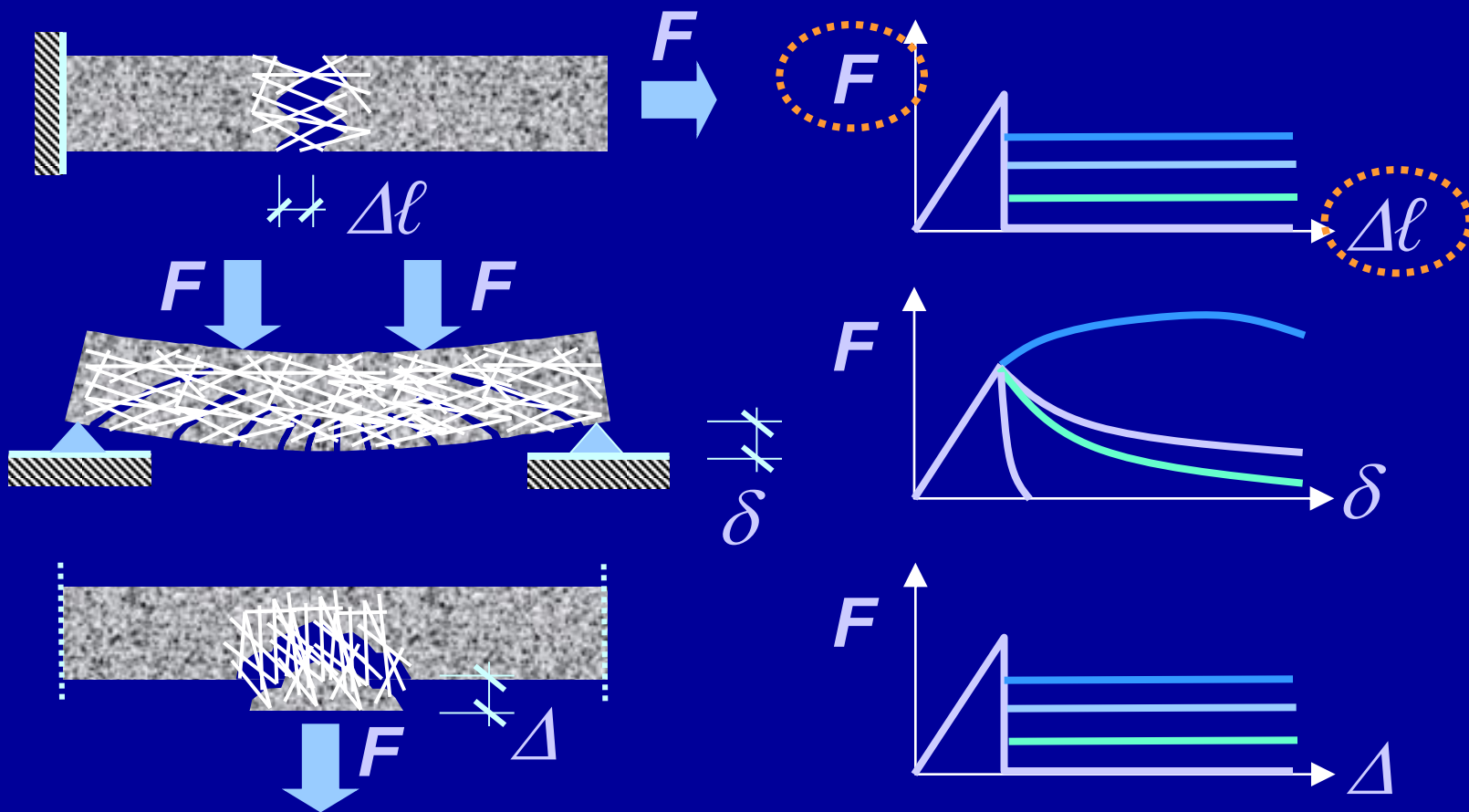
Modell kísérlet

STATIKUS TERHELÉS ($t = 0$)



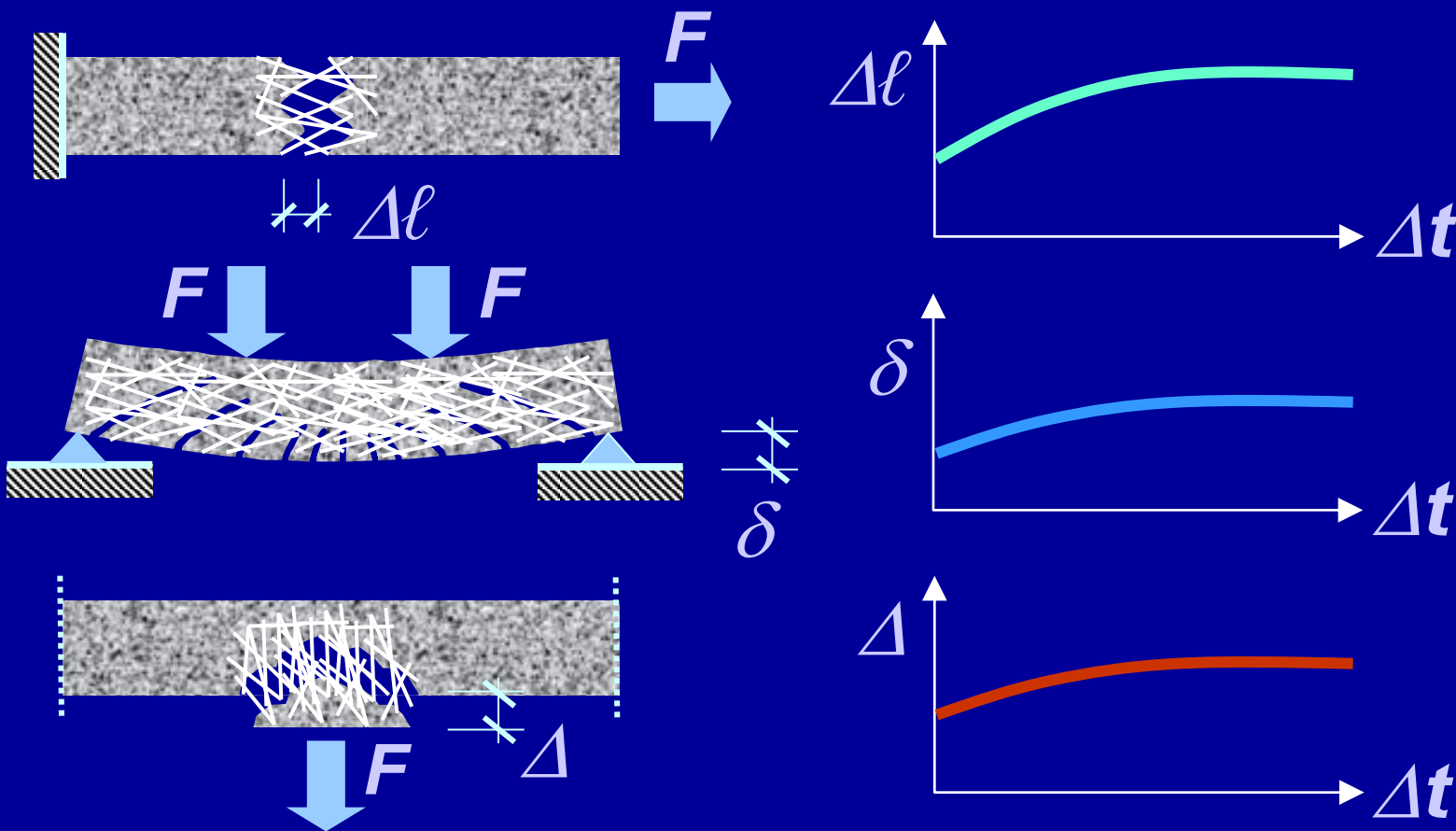
Modell kísérlet

STATIKUS TERHELÉS ($t = 0$)



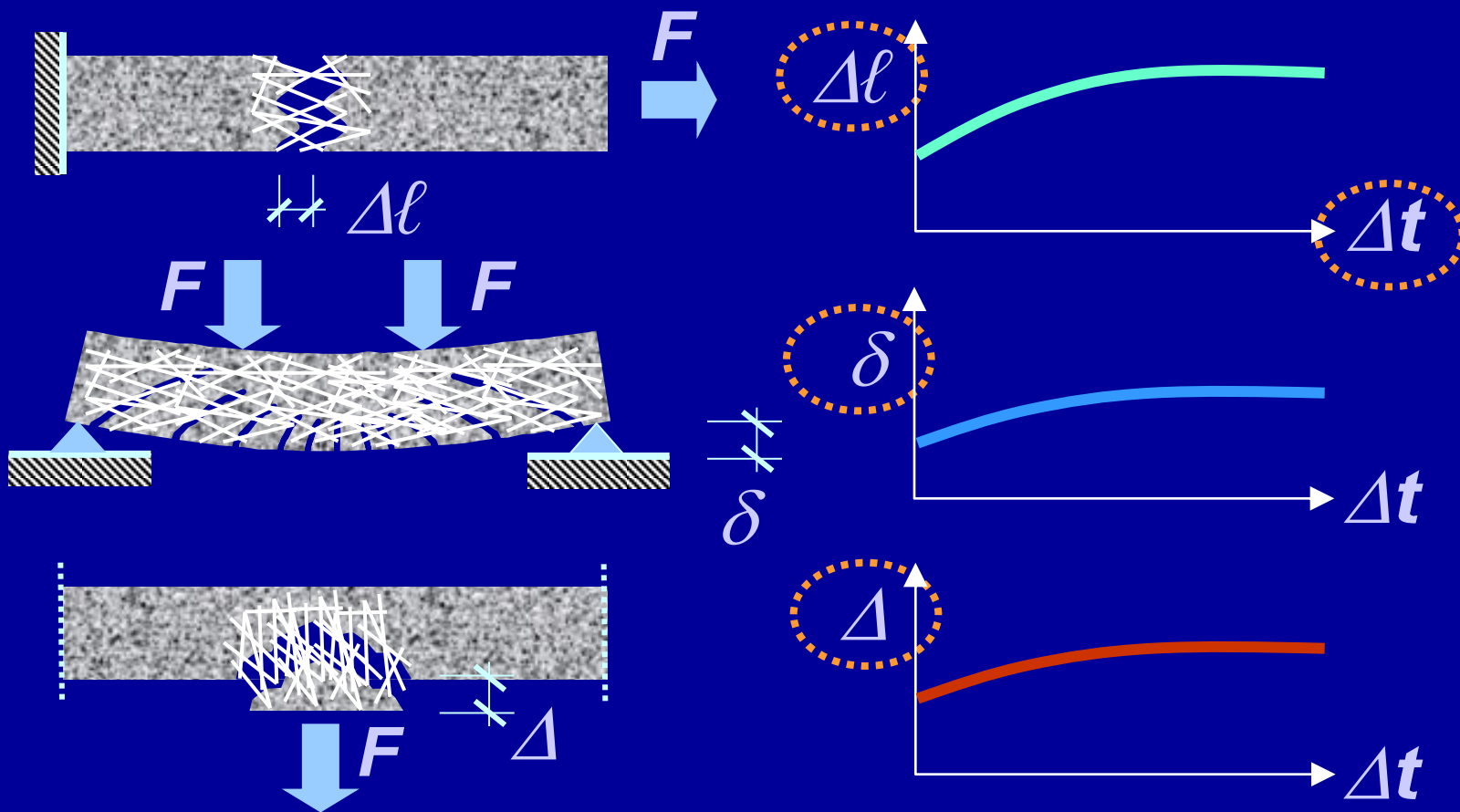
Modell kísérlet

IDŐBEN LEZAJLÓ KÍSÉRLET A REOLÓGIAI JELLEMZŐK MEGHATÁROZÁSÁRA



Modell kísérlet

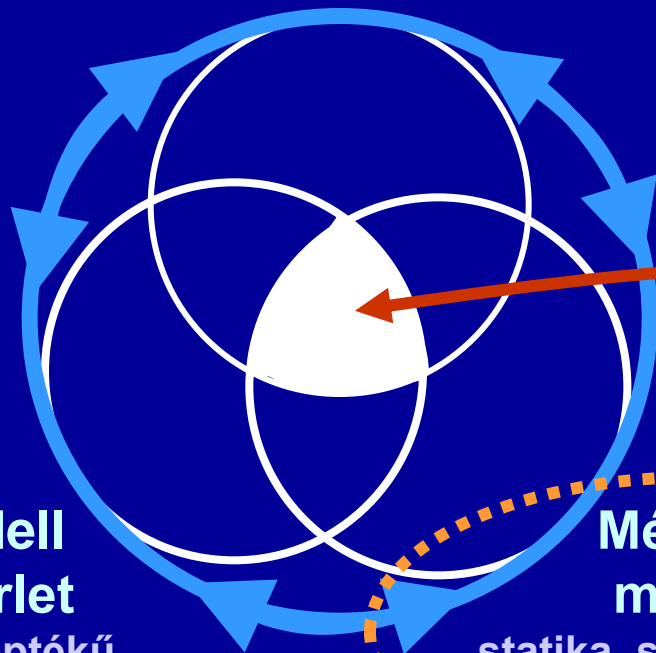
IDŐBEN LEZAJLÓ KÍSÉRLET A REOLÓGIAI JELLEMZŐK MEGHATÁROZÁSÁRA



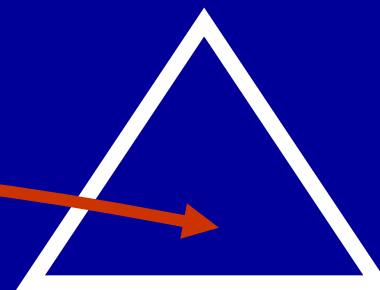
Modellalkotás szintjei

Numerikus szimuláció
lineáris, nem lineáris vizsgálat

Anyagjellemzők
homogén, inhomogén, izotróp, anizotróp
lineárisan rugalmas, nem lineárisan rugalmas,
képlékeny, viszkózus, reológiai jellemzők



**Szerkezeti
viselkedés**



Környezet
terhek, hatások,
tartóssági kérdések

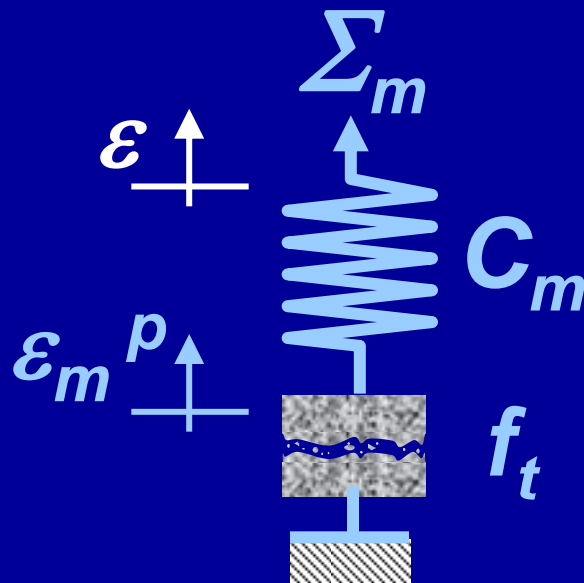
Mérethatás
„size effect”

**Mérnöki
modell**
statika, szilárdságtan,
rugalmasságtan, dinamika

**Modell
kísérlet**
valós léptékű
nem valós léptékű

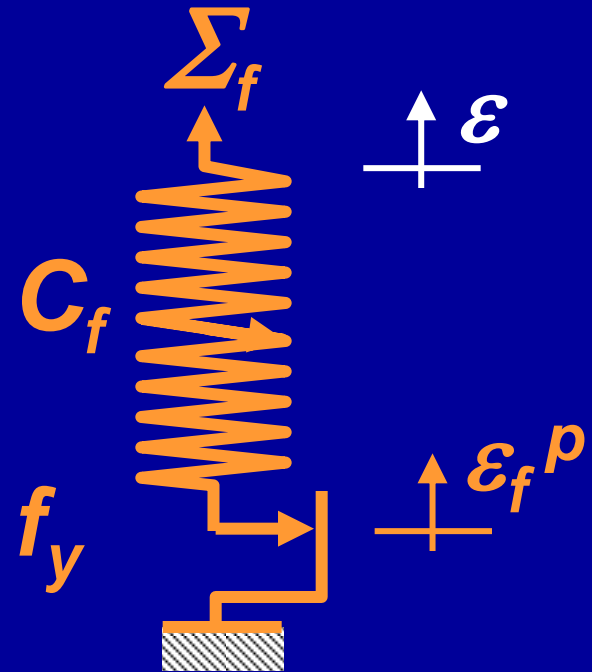
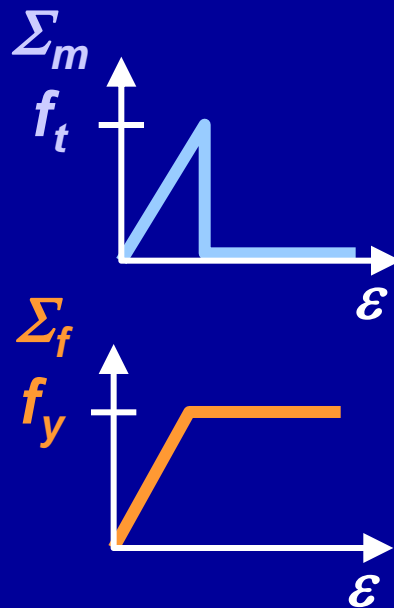
MéRNÖKI MODELL

STATIKUS TERHELÉS ($t = 0$)



Beton (Mátrix)

Lineárisan rugalmas – tökéletesen rideg anyag

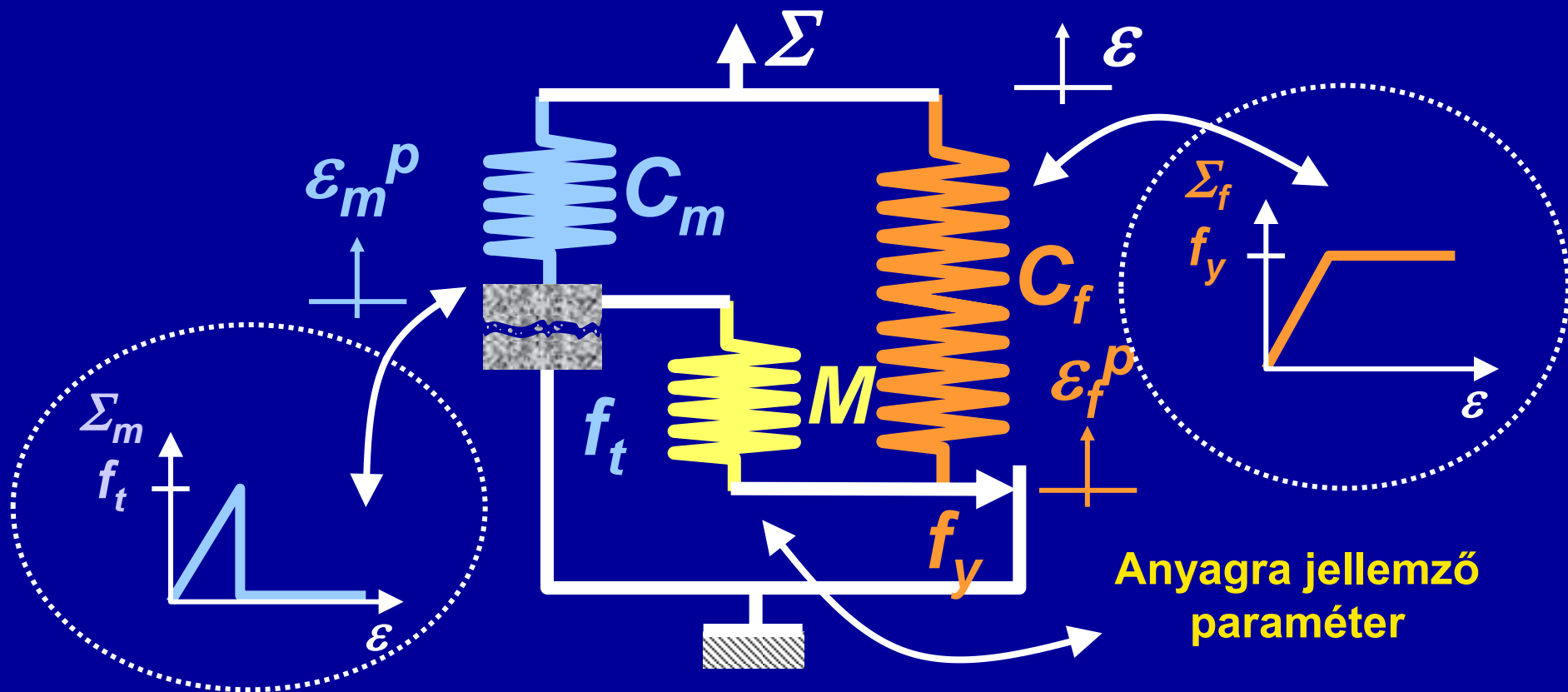


Acélszálak (Szálerősítés)

Lineárisan rugalmas – tökéletesen képlékeny anyag

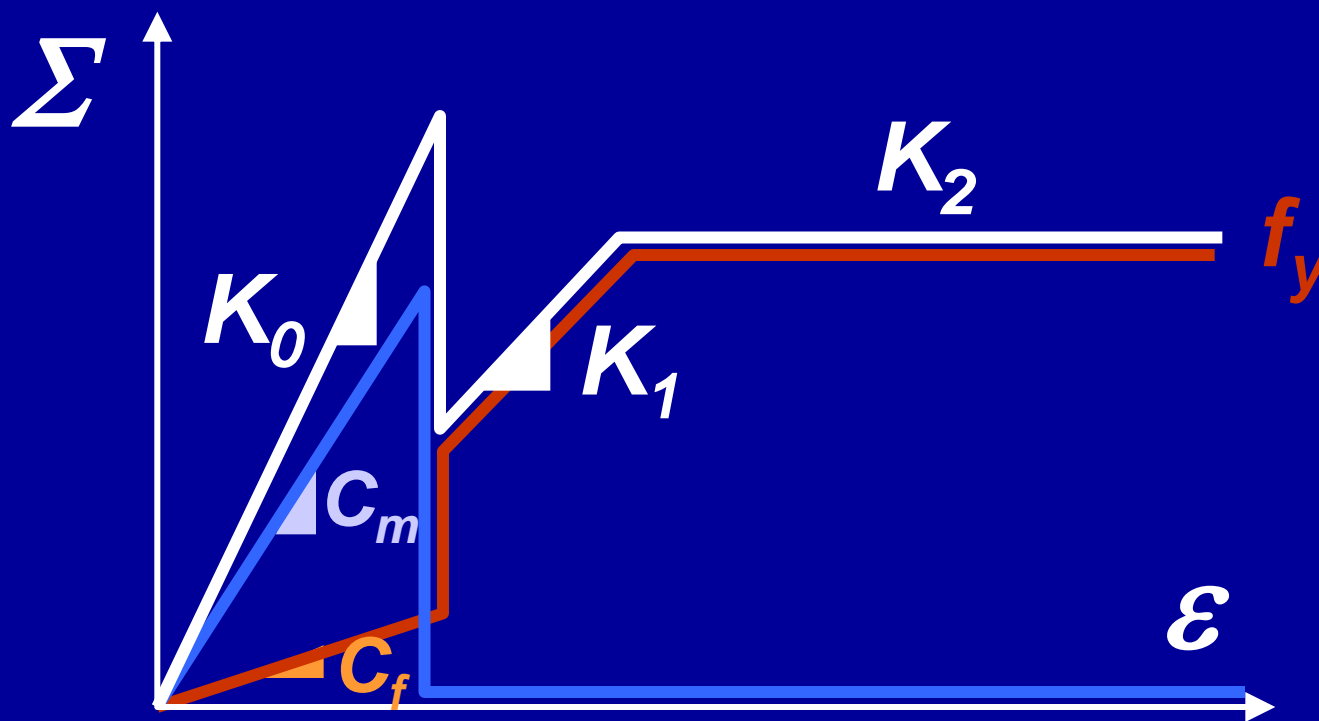
MéRNÖKI MODELL

STATIKUS TERHELÉS ($t = 0$)



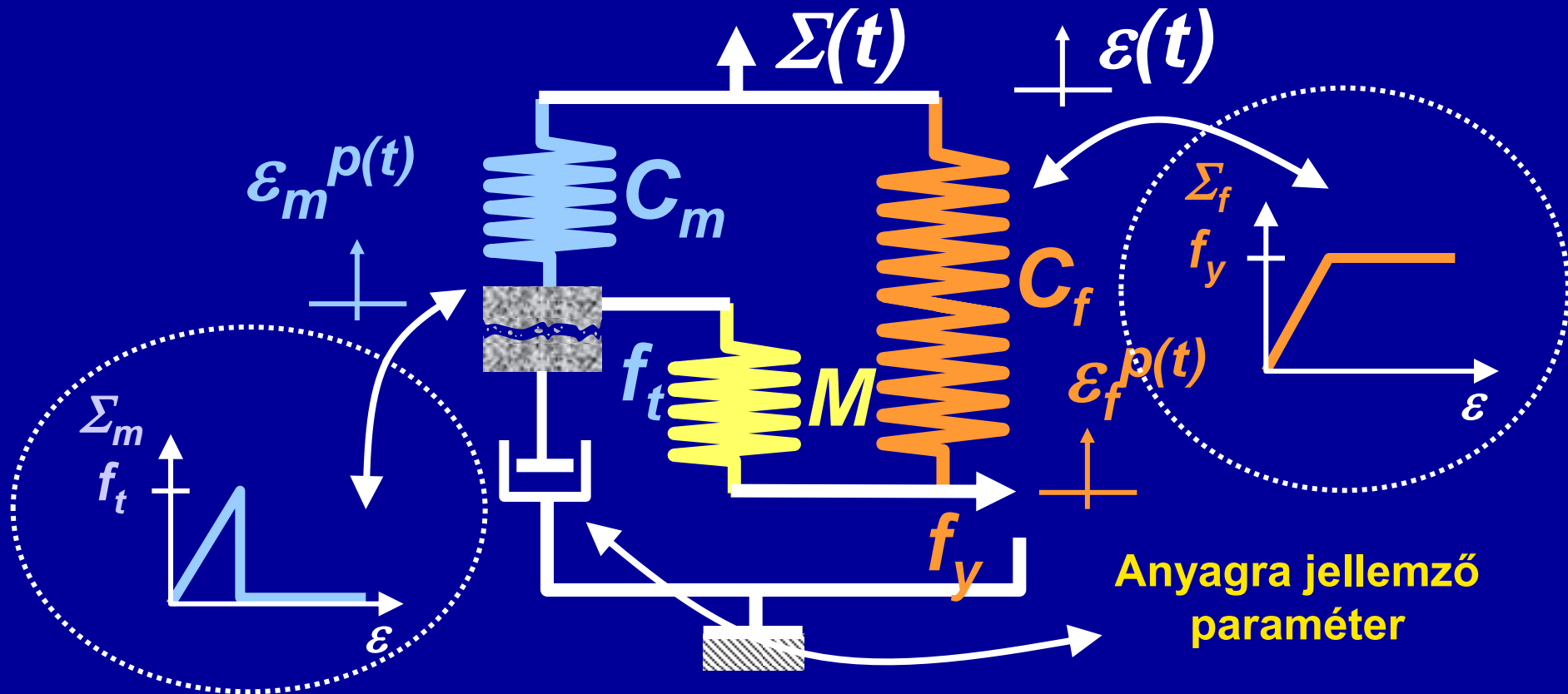
MéRNÖKI MODELL

STATIKUS TERHELÉS ($t = 0$)



MéRNÖKI MODELL

REOLÓGIAI JELENSÉGEK FIGYELEMBE VÉTELE MÉRNÖKI MODELLBEN



Vizsgálataink szintjei

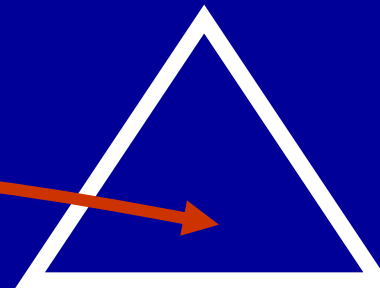
Numerikus szimuláció

lineáris, nem lineáris vizsgálat

Anyagjellemzők

homogén, inhomogén, izotróp, anizotróp
lineárisan rugalmas, nem lineárisan rugalmas,
képlékeny, viszkózus, reológiai jellemzők

**Szerkezeti
viselkedés**



Környezet

terhek, hatások,
tartóssági kérdések

Mérethatás

„size effect”

**Modell
kísérlet**

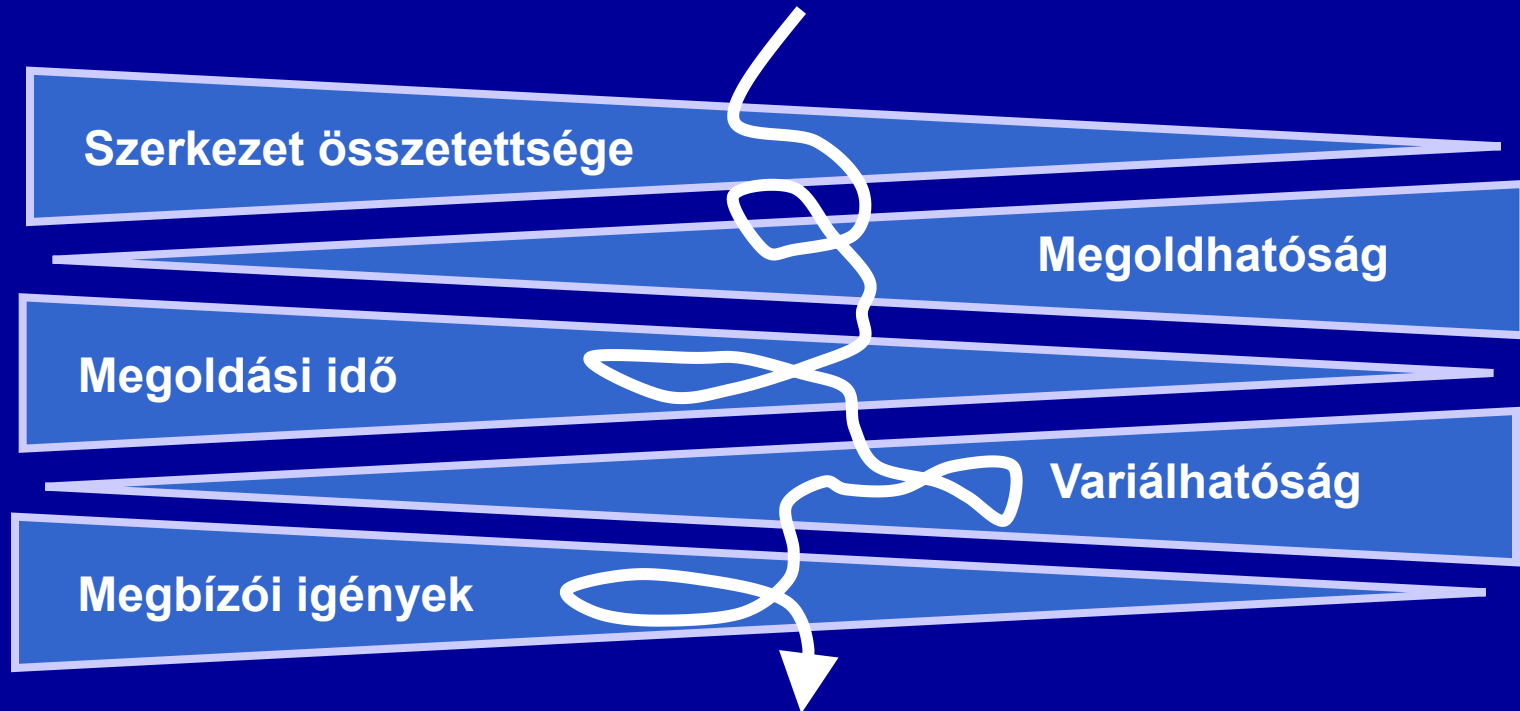
valós léptékű
nem valós léptékű

**Mérnöki
modell**

statika, szilárdságtan,
rugalmasságtan, dinamika

Numerikus szimuláció oka

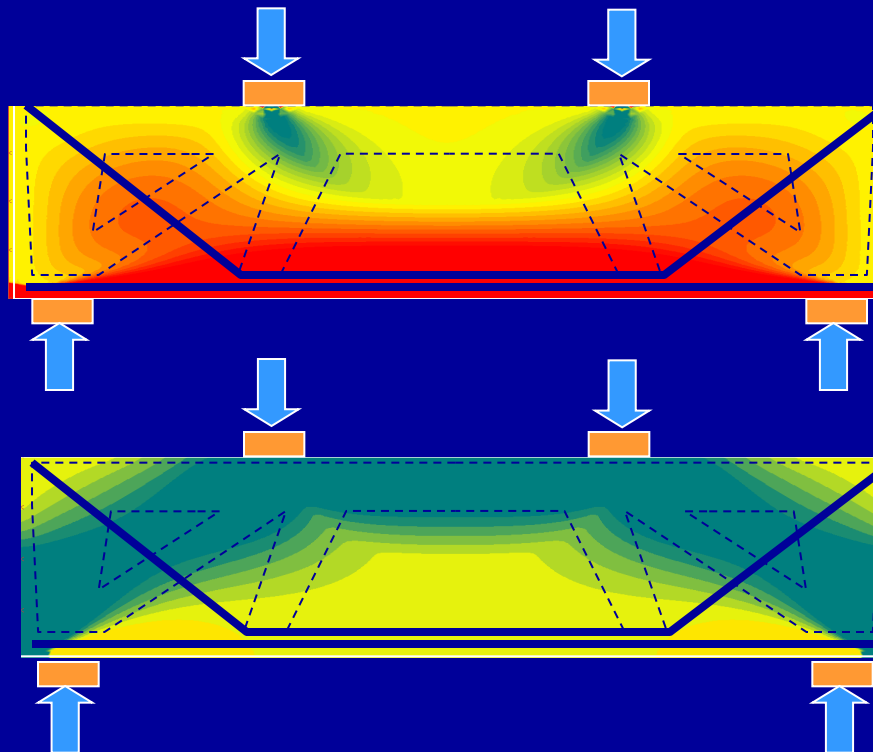
Optimális, azaz gazdaságos megoldás keresése



Numerikus módszerek alkalmazása

Numerikus szimuláció célja

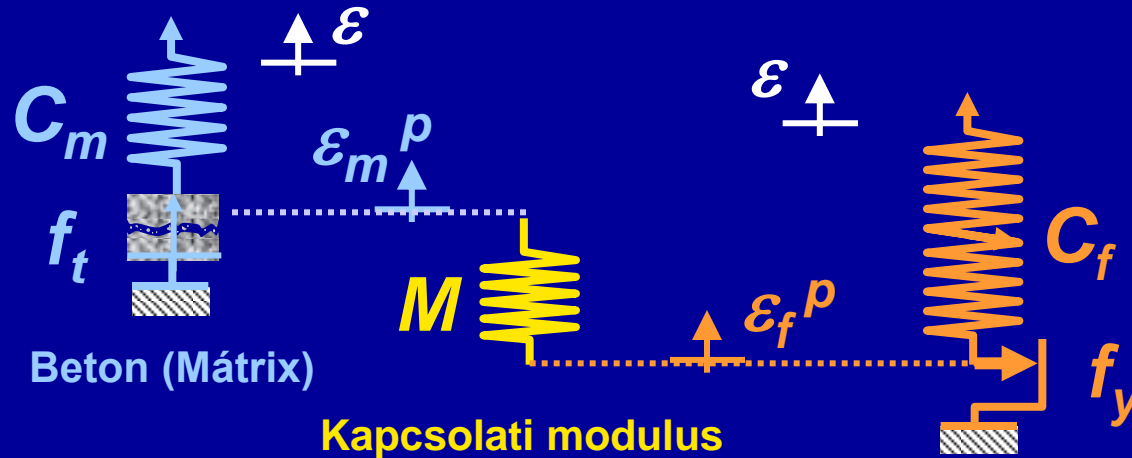
Numerikus módszerek alkalmazása



Reális szerkezeti viselkedés megközelítése

Numerikus szimuláció eszköze

Az általánosított (3-D) anyagmodell energetikai alapja



Helmholtz féle energiafüggvény:

Acélszálak (Szálerősítés)

$$\Psi = \frac{1}{2} C_m (\varepsilon - \varepsilon_m^p)^2 + \frac{1}{2} M (\varepsilon_m^p - \varepsilon_f^p)^2 + \frac{1}{2} C_f (\varepsilon - \varepsilon_f^p)^2$$

Clausius-Duhem egyenlőtlenség:

$$\varphi dt = \Sigma d\varepsilon - d\Psi \geq 0 \quad \rightarrow \quad \varphi dt = \sigma_m d\varepsilon_m^p + \sigma_f d\varepsilon_f^p$$

Numerikus szimuláció eszköze

Az általánosított (3-D) anyagmodell energetikai alapja

$$C_m + C_f = \frac{\partial \Sigma}{\partial \varepsilon} = \frac{\partial^2 \Psi}{\partial \varepsilon^2}$$

$$C_m = \frac{\partial \Sigma}{\partial \varepsilon_m^p} = \frac{\partial \sigma_m}{\partial \varepsilon} = \frac{\partial^2 \Psi}{\partial \varepsilon \partial \varepsilon_m^p}$$

$$C_f = \frac{\partial \Sigma}{\partial \varepsilon_f^p} = \frac{\partial \sigma_f}{\partial \varepsilon} = \frac{\partial^2 \Psi}{\partial \varepsilon \partial \varepsilon_f^p}$$

$$M = \frac{\partial \sigma_m}{\partial \varepsilon_f^p} = \frac{\partial \sigma_f}{\partial \varepsilon_m^p} = \frac{\partial^2 \Psi}{\partial \varepsilon_m^p \partial \varepsilon_f^p}$$

Reológiai jelenségek vizsgálatát célzó eddigi kutatásaink

1. Öntömörödő adalékszerek hatása frissbeton kötési és szilárdulási folyamataira valamint mechanikai tulajdonságaira.
2. Szálerősítésű betonok lassú alakváltozásainak figyelembe vétele mechanikai anyagmodell segítségével.
3. Acélszál erősítésű feszített betonok lassú alakváltozásainak hatása a feszítőerő időbeli változására.

Reológiai jelenségek vizsgálatát célzó eddigi kutatásaink

1. Öntömörödő adalékszerek hatása frissbeton kötési és szilárdulási folyamataira valamint mechanikai tulajdonságaira.
2. Szálerősítésű betonok lassú alakváltozásainak figyelembe vétele mechanikai anyagmodell segítségével.
3. Acélszál erősítésű feszített betonok lassú alakváltozásainak hatása a feszítőerő időbeli változására.

Öntömörödő betonok

**TÖMÖRÍTÉS NÉLKÜL, SPECIÁLIS ADALÉKSZERREL KÉSZÜLŐ
LÉGTARTALOM NÉLKÜLI BETON!!!**



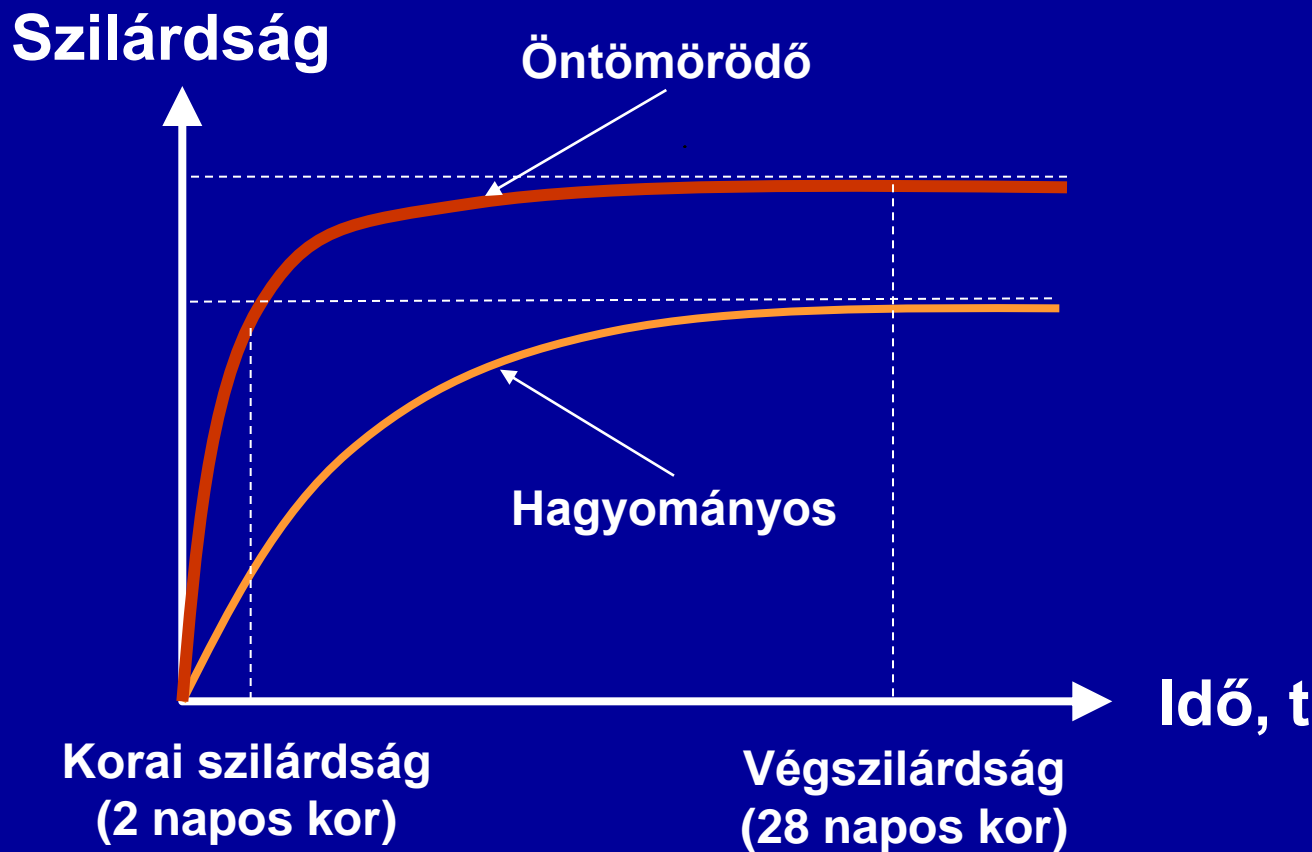
**Kultúrközpont,
Meudoni
Franciaország**



**Szabadtéri feszített
betontartály
Osaka Gas, Japán**

Kísérletek öntömörödő betonokkal

KÖTÉS – SZILÁRDULÁS – MAGAS KEZDETI SZILÁRDSÁG – ÉPÍTÉS IDŐ



Kísérleti paraméterek

BETON ÖSSZETÉTEL – CEMENTTARTALOM – CEMENTFAJTA – VÍZ-CEMENT TÉNYEZŐ – KIEGÉSZÍTŐ ADALÉKANYAG – BETON KORA

szorsz.	cement		kieg. adalékanyag		napos				28
	típus	mennyiség kg/m ³	típus	mennyiség kg/m ³					
1	CEM II 32,5	400	kohósalak	200	600	3	3	3	3
2	CEM II 42,5	400	kohósalak	200	600	3	3	3	3
3	CEM II 32,5	440	kohósalak	190	630	3	3	3	3
4	CEM II 42,5	440	kohósalak	190	630	3	3	3	3
5	CEM II 32,5	400	mészkelet	200	600	3	3	3	3
6	CEM II 42,5	400	mészkelet	200	600	3	3	3	3
7	CEM II 32,5	440	mészkelet	190	630	3	3	3	3
8	CEM II 42,5	440	mészkelet	190	630	3	3	3	3
9	CEM II 32,5	400	mészkelet	160	600	3	3	3	3
			szilikapó	40					
10	CEM II 42,5	400	mészkelet	160	600	3	3	3	3
			szilikapó	40					
11	CEM II 32,5	440	mészkelet	146	630	3	3	3	3
			szilikapó	44					
12	CEM II 42,5	440	mészkelet	146	630	3	3	3	3
			szilikapó	44					

„TUDOMÁNY NAPJA”

2006. NOVEMBER 10.

Kísérleti eredmények

ÖNTÖMÖRÖDŐ ADALKSZER HASZNÁLATA
– NAGYOBB KORAI ÉS VÉGSZILÁRDSÁG –



Reológiai jelenségek vizsgálatát célzó eddigi kutatásaink

1. Öntömörödő adalékszerek hatása frissbeton kötési és szilárdulási folyamataira valamint mechanikai tulajdonságaira.
2. Szálerősítésű betonok lassú alakváltozásainak figyelembe vétele mechanikai anyagmodell segítségével.
3. Acélszál erősítésű feszített betonok lassú alakváltozásainak hatása a feszítőerő időbeli változására.

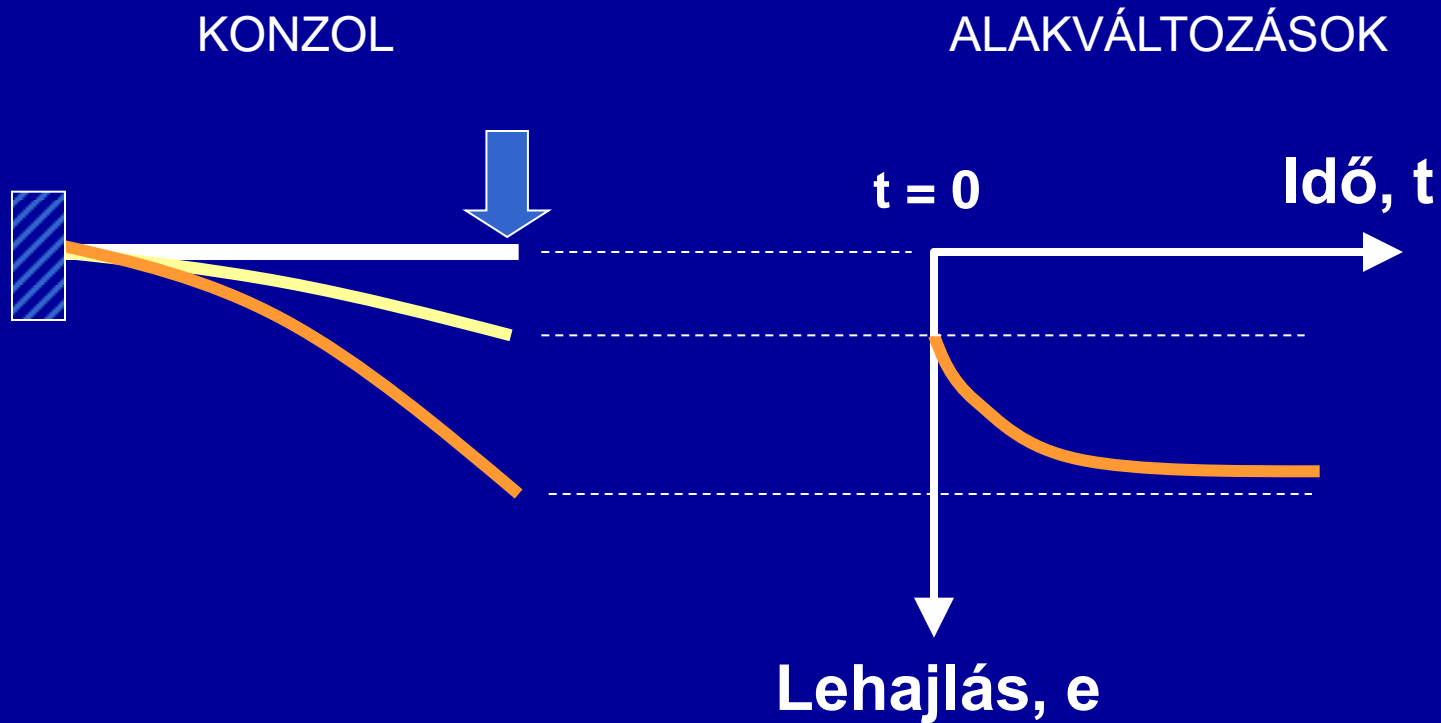
Reológiai jelenségek vizsgálatát célzó eddigi kutatásaink

1. Öntömörödő adalékszerek hatása frissbeton kötési és szilárdulási folyamataira valamint mechanikai tulajdonságaira.
2. Szálerősítésű betonok lassú alakváltozásainak figyelembe vétele mechanikai anyagmodell segítségével.
3. Acélszál erősítésű feszített betonok lassú alakváltozásainak hatása a feszítőerő időbeli változására.

Betonok lassú alakváltozásai

KÚSZÁS

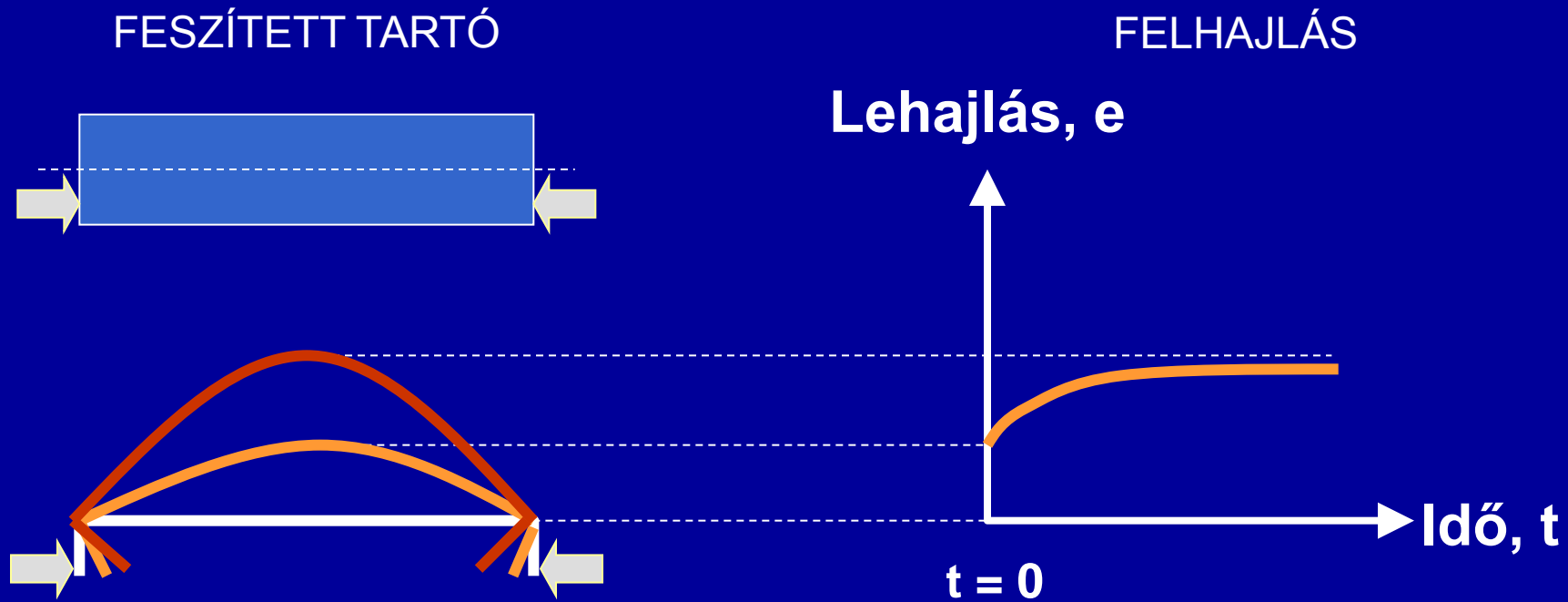
- állandó teher alatt az időben növekvő alakváltozások jönnek létre-



Betonok lassú alakváltozásai

KÚSZÁS FESZÍTŐERŐ HATÁSÁRA

- állandó teher alatt az időben növekvő alakváltozások jönnek létre-



Feszített tartó időbeli alakváltozásai

KÍSÉRLETI ELRENDEZÉS



BETONÓZÁS ELŐTT

Feszített tartó időbeli alakváltozásai

KÍSÉRLETI ELRENDEZÉS



BETONÓZÁS ELŐTT



BETONÓZÁST KÖVETŐEN

Feszített tartó időbeli alakváltozásai

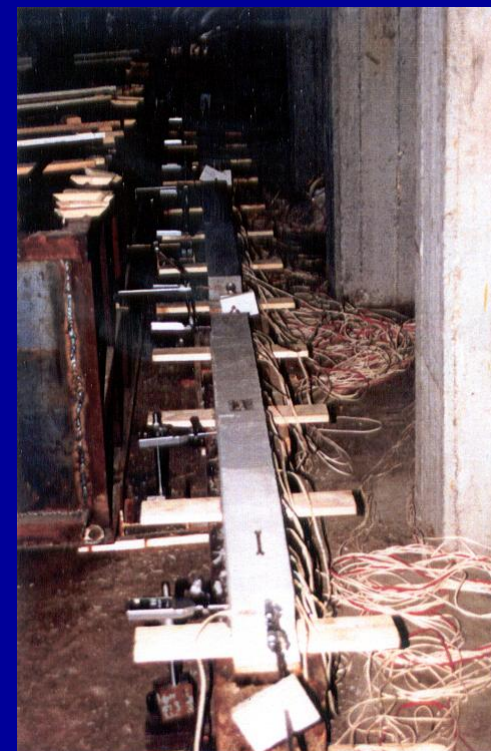
KÍSÉRLETI ELRENDEZÉS



BETONÓZÁS ELŐTT



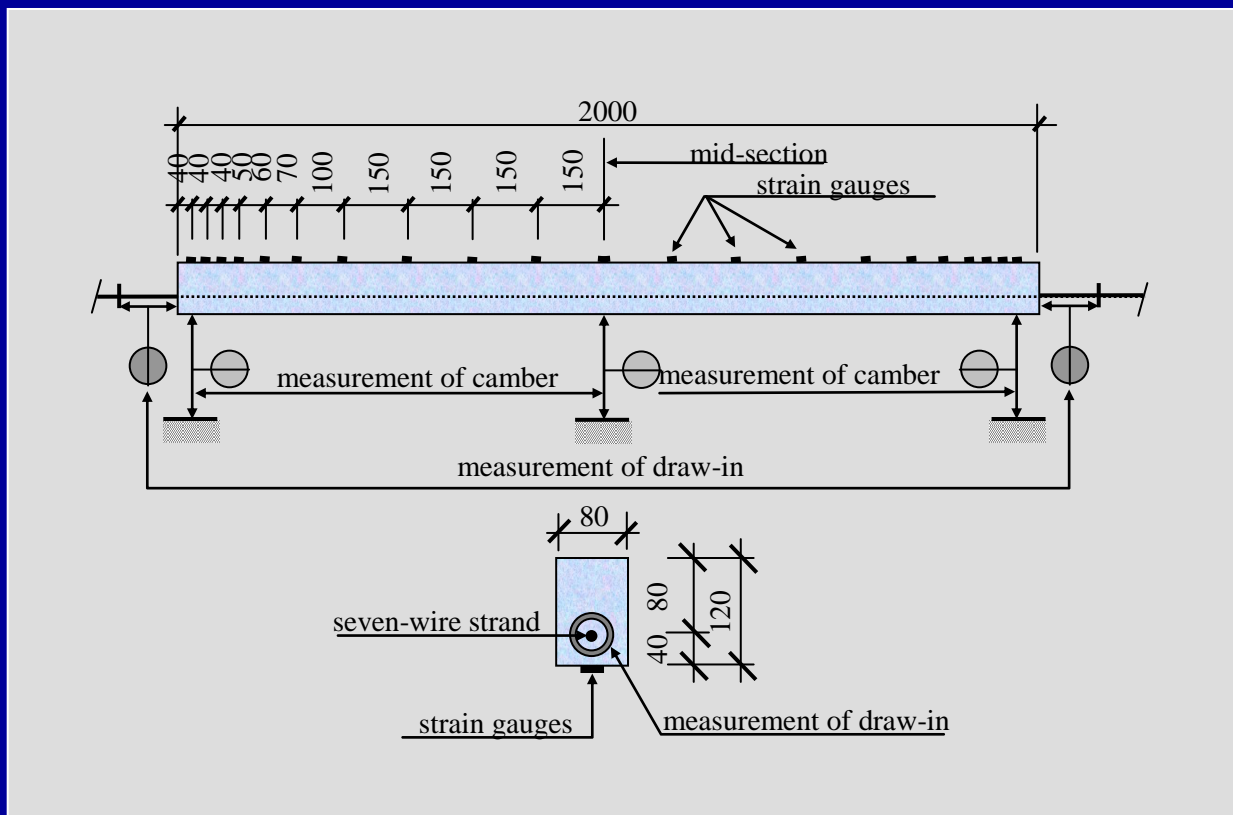
BETONÓZÁST KÖVETŐEN



MÉRÉSEK ALATT

Feszített tartó időbeli alakváltozásai

KÍSÉRLETI ELRENDEZÉS

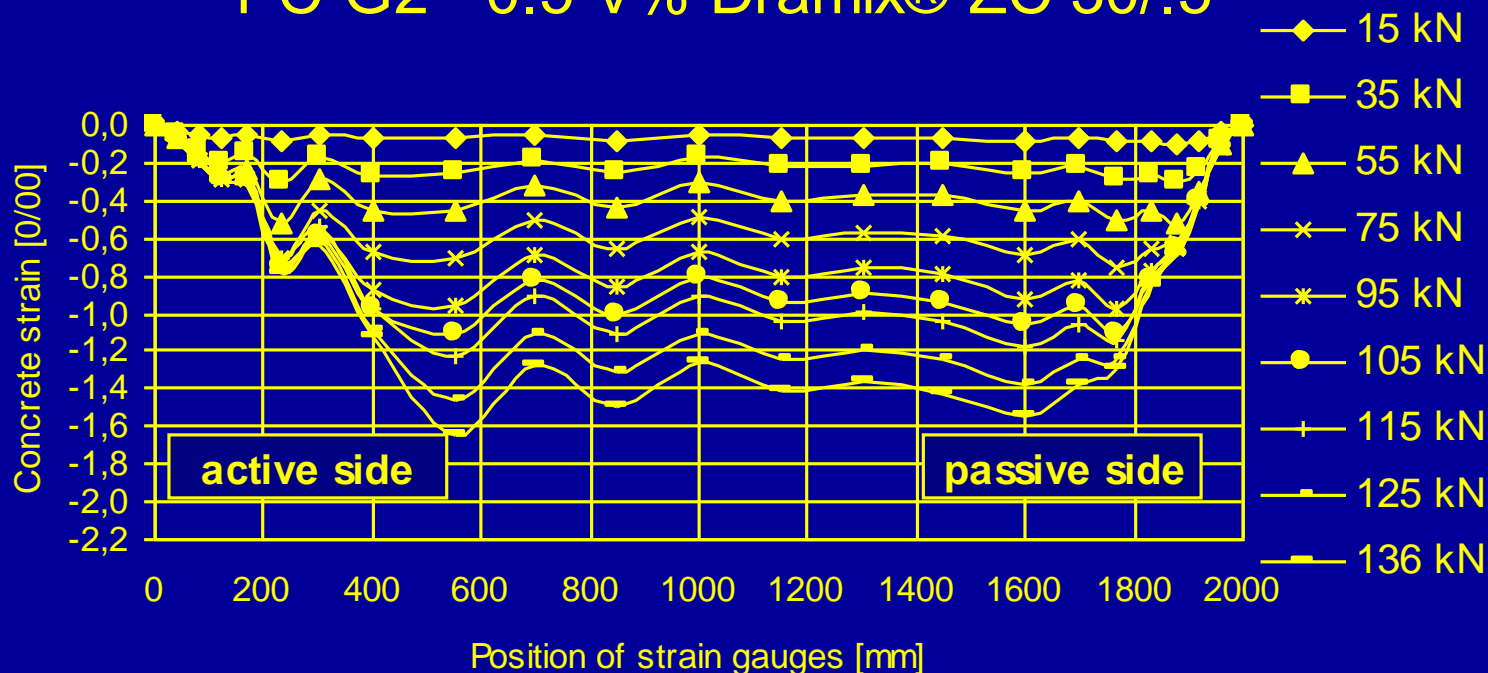


Feszített tartó időbeli alakváltozásai

BETON FALAKVÁLTOZÁSOK FESZÍTŐERŐ HATÁSÁRA

- állandó teher alatt az időben növekvő ALAKVÁLTOZÁSOK jönnek létre-

PC-G2 0.5 V% Dramix® ZC 30/5

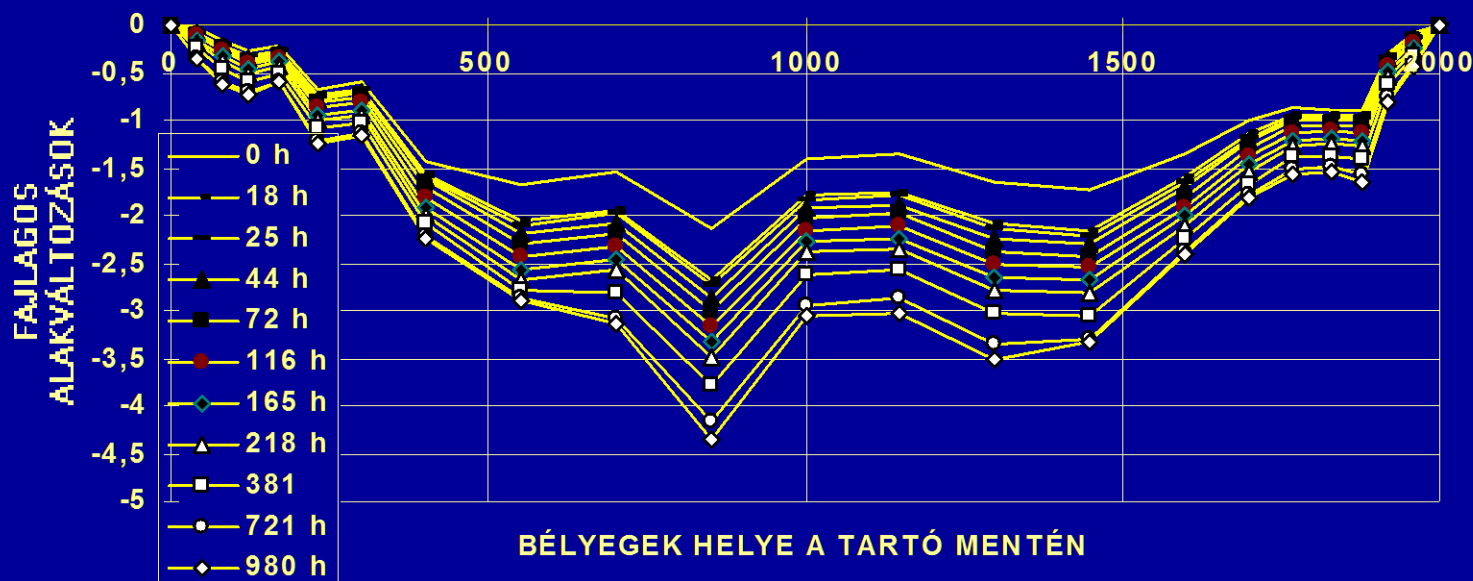


Feszített tartó időbeli alakváltozásai

BETON FALAKVÁLTOZÁSOK FESZÍTŐERŐ HATÁSÁRA

- állandó teher alatt az időben növekvő ALAKVÁLTOZÁSOK jönnek létre-

1 V% DRAMIX SZÁLTARTALOM



Feszített tartó időbeli alakváltozásai

BETON ALAKVÁLTOZÁSI MODULUSÁNAK VÁLTOZÁSA - alakváltozási modulus meghatározása az idő függvényében-

Acélszáltartalom PC-G és PC-S esetén [V%]

