

# VKE IKERMODELL IMPLICIT ÉS EXPLICIT SZÁMÍTÁSOK

Dr. Pap Zsuzsa Borbála

2021.04.19.

# 1. FELADAT DEFINIÁLÁSA

Mérések  
Mesterséges intelligencia

**INPUT**

Tengelyterhelés  
Jármű sebessége  
Időpont

**SZIMULÁCIÓ**

Implicit, explicit  
szimuláció a híd  
ikermodelljén

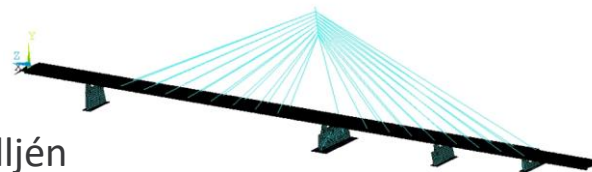
**OUTPUT**

Feszültségek,  
elmozdulások, stb...



**Tekla**  
Structures

- Implicit próbamodellek
- Explicit próbamodellek
- Szimulációk a teljes híd modelljén
- Valós idejű futtatás kidolgozása



python



**Ansys**

LS-DYNA

**4G**

# 1. FELADAT DEFINIÁLÁSA

## *Február*

Irodalomkutatás  
Implicit modell fejlesztése

## *Március*

Explicit próbamodell és  
tesztelése

## *Április*

Adatexportálás  
Implicit modell tesztek  
Explicit modell tesztek

## *Május*

Teljes híd modellje – rúd  
Implicit és explicit futtatások a híd  
modelljén  
Algoritmus átültetése a teljes híd  
modelljére

## *Június*

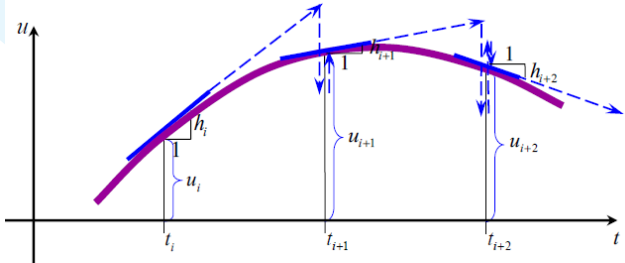
Teljes rúdmodell v. héjmodell  
tesztelése  
Adatok exportálása

## *Július*

Héj és testmodellek tesztelése

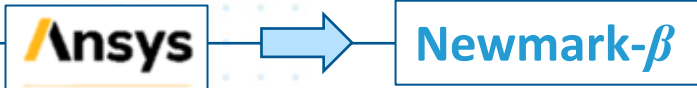
# 2. IMPLICIT ÉS EXPLICIT SZÁMÍTÁS

## IMPLICIT

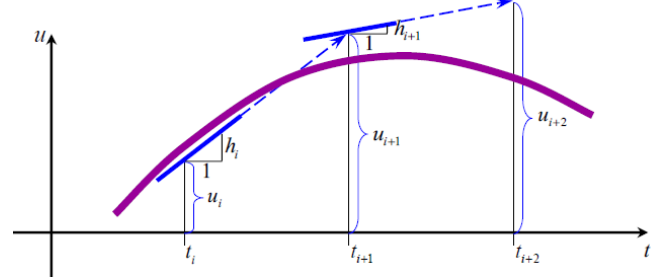


$t_i(u_i, v_i, \dots) \rightarrow$  mozgásegyenlet  $\rightarrow t_{i+1}(u_{i+1}, v_{i+1}, \dots)$  közelítése, majd iteráció a valós eredményhez

- Egy időlépés megoldása lassabb
- Nagyobb időlépések lehetségesek
- Megbízhatóbb eredményt ad
- Stabilabb



## EXPLICIT



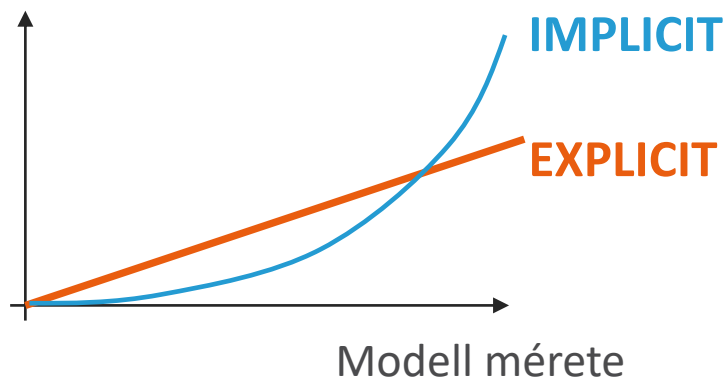
$t_i(u_i, v_i, \dots) \rightarrow$  mozgásegyenlet  $\rightarrow t_{i+1}(u_{i+1}, v_{i+1}, \dots)$

- Egy időlépés megoldása gyorsabb
- Kisebb időlépésekre van szükség
- Kevésbé megbízható eredmények
- Feltételesen stabil (időlépés)

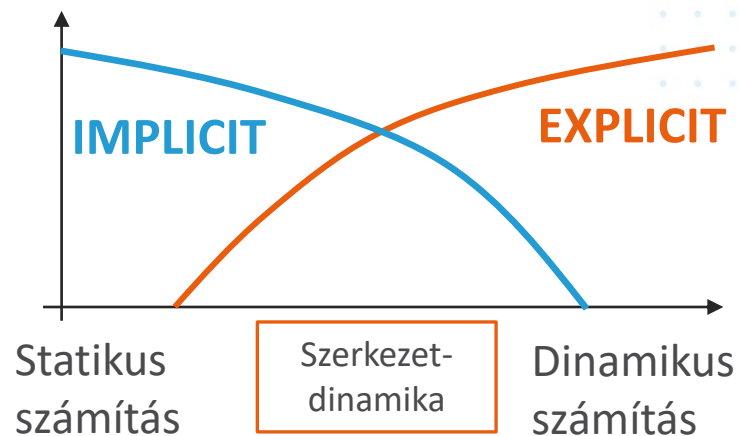


# 2. IMPLICIT ÉS EXPLICIT SZÁMÍTÁS

Számítási idő



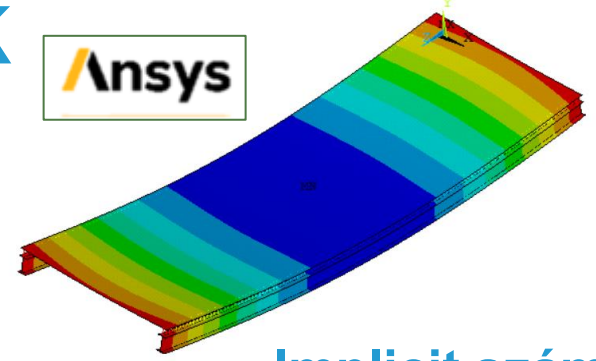
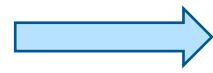
Hatékonyság



# 3. IMPLICIT PRÓBAMODELLEK

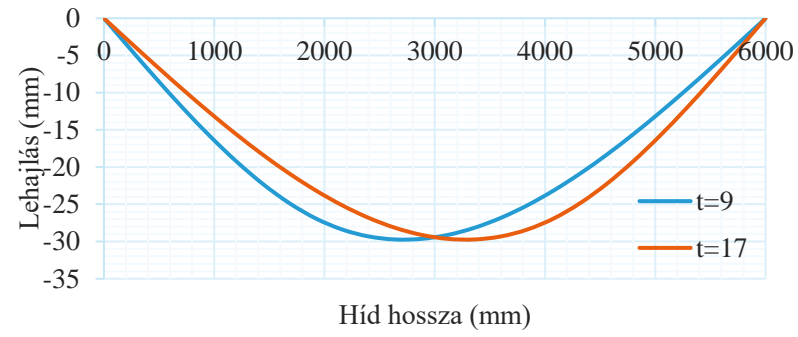
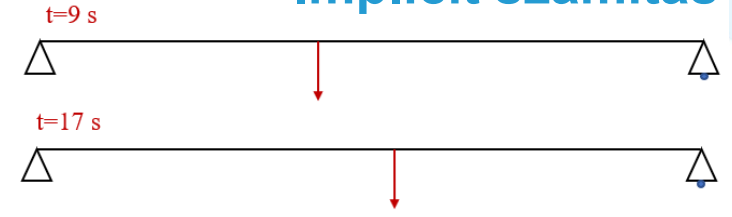


## Fájlfigyelő algoritmus



## Implicit számítás

```
while True:
    print("Waiting for change in: "+file+" ...")
    new_mtime = datetime.datetime.fromtimestamp(os.path.getmtime(file))
    if start_mtime != new_mtime:
        print("Change detected!")
        print("new time:")
        print(new_mtime)
        timestr = time.strftime("%Y%m%d-%H%M%S")
        command_pt4 = ("E:/output_"+timestr+".txt")
        print("ANSYS program is running...")
        cmd = os.system('start "" '+ansys_path+' '+command_pt1+command_pt2+command_pt3+command_pt4+command_pt5)
        start_mtime = new_mtime
    time.sleep(1)
    print("Waiting for change in: E:/...")
    print("Waiting for change in: E:/...")
    print("Waiting for change in: E:/...")
    print("Change detected!")
    print("new time:")
    print("2021-03-20 22:30:09.037226")
    print("ANSYS program is running...")
    print("Waiting for change in: E:/...")
    print("Waiting for change in: E:/...")
    print("Waiting for change in: E:/...")
    print("Waiting for change in: E:/...")
    print("Waiting for change in: E:/...")
    print("Waiting for change in: E:/...")
    print("Waiting for change in: E:/...")
```



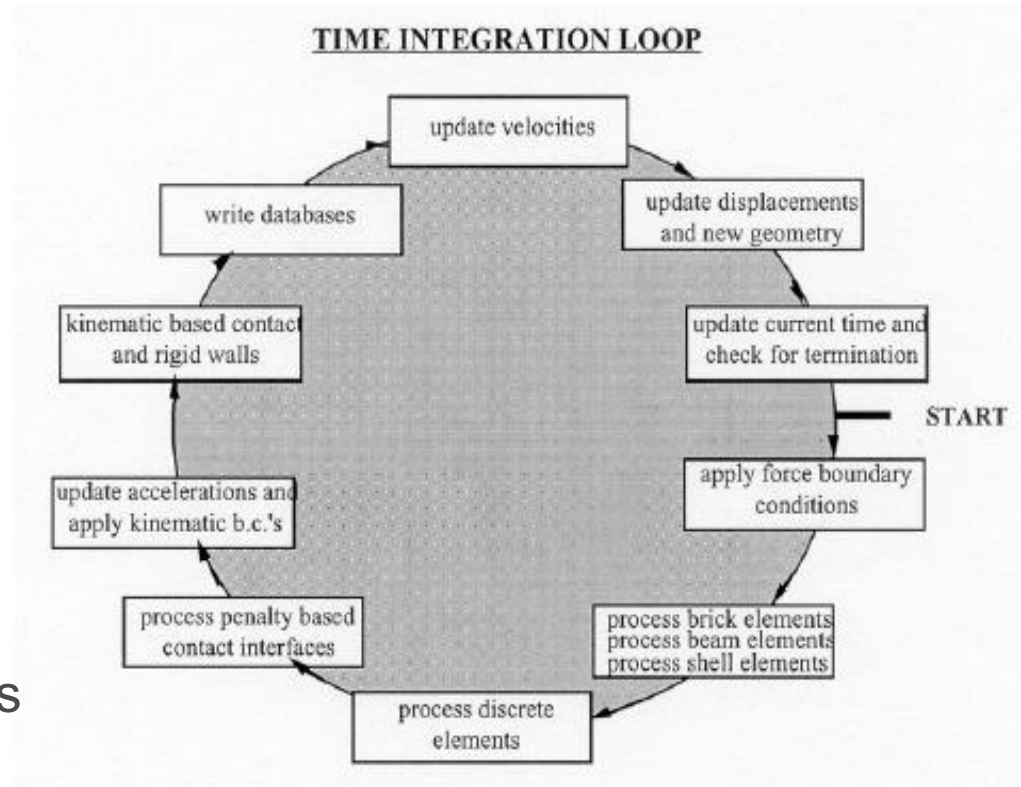
# 4. EXPLICIT MODELLEZÉS – ANSYS LS-DYNA

Kód felépítése, mint ANSYS-ban:

1. modellépítés (PREP7)
2. terhek és megoldás (SOLU)
3. eredmények kimentése (POST1 vagy POST26)



LS-Dyna specifikus **parancsok** és **elemek**

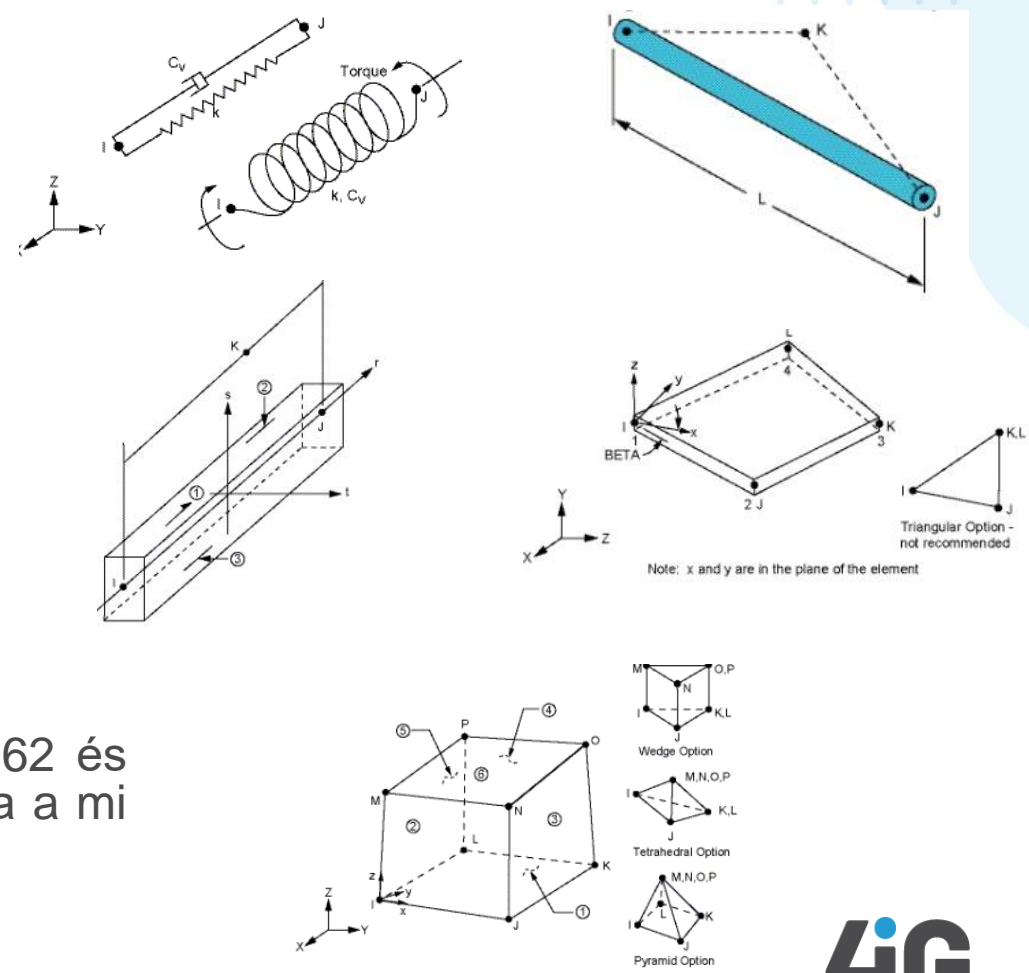


# 4. EXPLICIT MODELLEZÉS – ANSYS LS-DYNA

## Elemek:

- Tömegpont: MASS166
- Rugó és csillapító: COMBI165
- Rúdelem: LINK160
- Kábelelem: LINK167
- Gerendaelem: BEAM 161
- Héjelem: SHELL163
- Testelem: SOLID164

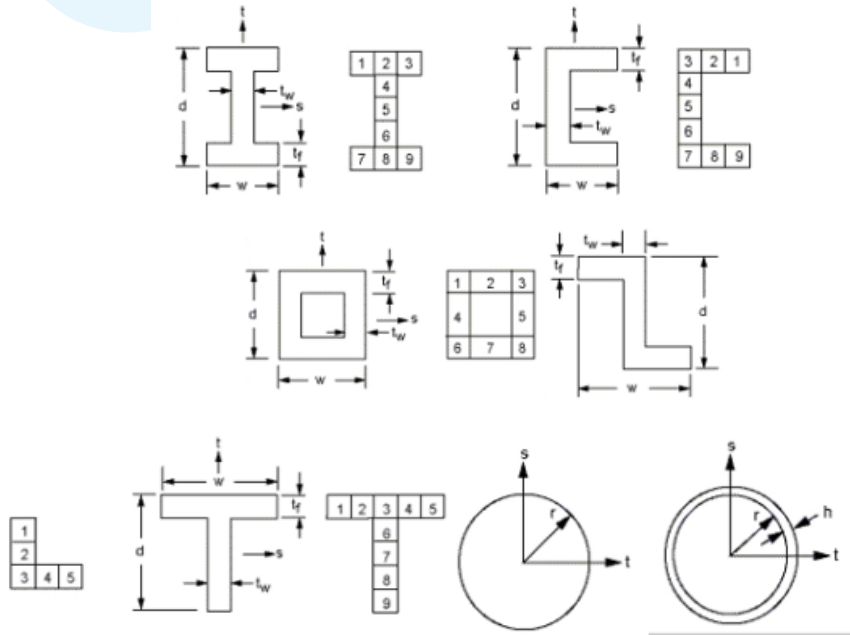
Ezen kívül definiálható még PLANE162 és SOLID168 elem, de ezek alkalmazása a mi esetünkben nem szükséges.





# 4. EXPLICIT MODELLEZÉS – ANSYS LS-DYNA

## Gerendaelem: BEAM 161



**LEHETSÉGES KERESZTMETSZETEK!**

- **Hughes-Liu gerenda**
  - téglalap és kör
  - elemen belül a nyomaték eloszlása konstans
  - elem tömegét a csomópontokba redukálja
- **Belytschko-Schwer gerenda**
  - egyéb keresztmetszetek
  - nyomaték lineárisan tud változni egy elemen
- **Integrálási pontok**
  - 1 pont
  - 2x2 Gauss
  - 3x3 Gauss
  - 4x4 Gauss

# 4. EXPLICIT MODELLEZÉS – ANSYS LS-DYNA

## Időlépés

- Minden időlépcsőben  $\Delta t^{n+1} = a \cdot \min \{ \Delta t_1, \Delta t_2, \Delta t_3, \dots, \Delta t_N \}$   
~ elemméret, anyagparaméterek, sűrűség  $\Delta t \leq \frac{2}{\omega_{\max}}$

## Csillapítás

- Rayleigh  $\alpha = \frac{2\xi}{\omega_i + \omega_j}, \beta = \frac{2\omega_i\omega_j\xi}{\omega_i + \omega_j}$

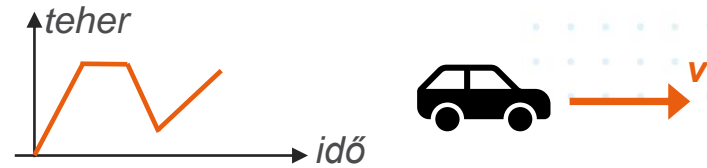
$\beta$  megadása esetén csökkenteni kell az időlépcsőt!!

## „Mass scaling”

- Időlépcső növelése → kis hozzáadott tömeg  
~ 50% csökk. számítás – 0.001% plusz tömeg **ELL!**

## Terhelés

- Gravitáció (gyorsulás)
- Mozgó jármű (sebesség)



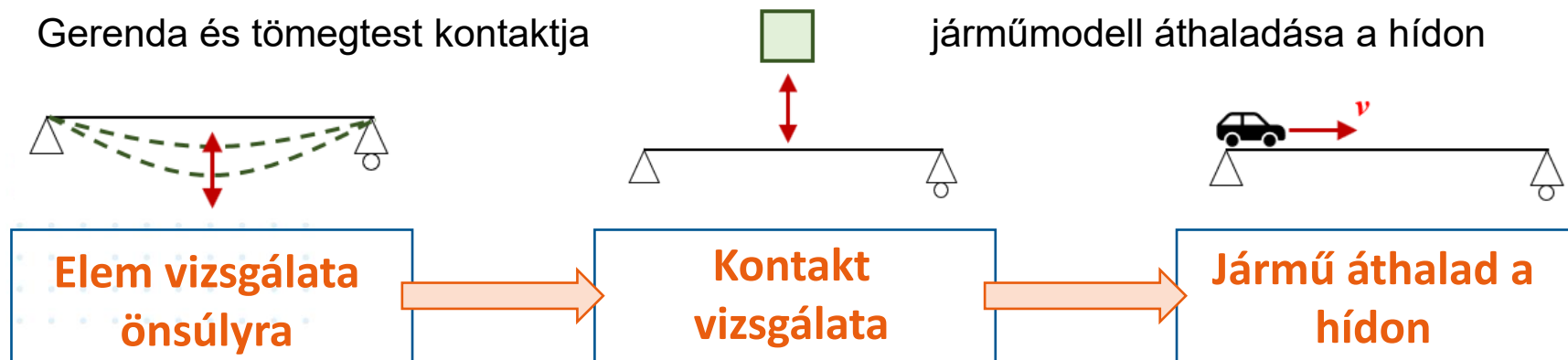
## Kontaktok

- AG – általános
- NTS – node to surface

~ kapcsolati merevség + behatolási mélység → **kapcsolati erő**

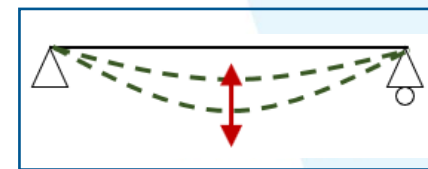
# 5. EXPLICIT PRÓBAMODELLEK

1. Gerendamodell (BEAM) vizsgálata saját önsúlyára
2. Héjmodell (SHELL) vizsgálata saját önsúlyára
3. Testmodell (SOLID) vizsgálata saját önsúlyára
4. Gerenda és tömegpont kontaktja
5. Gerenda és gerenda kontaktja
6. Gerenda és tömegtest kontaktja
7. Héj és tömegpont kontaktja
8. Héj és tömegtest kontaktja
9. Test és tömegpont kontaktja
10. Test és tömegtest kontaktja
11. Működő kontaktok esetén a jármű (tömegpont, gerenda vagy tömegtest) áthaladása a hídon
12. Tömegtestek összekapcsolásával kapott járműmodell áthaladása a hídon

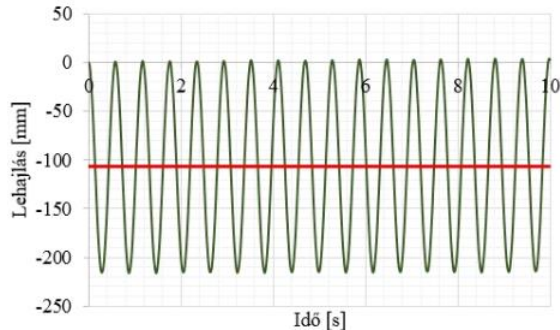


# 5. EXPLICIT PRÓBAMODELLEK

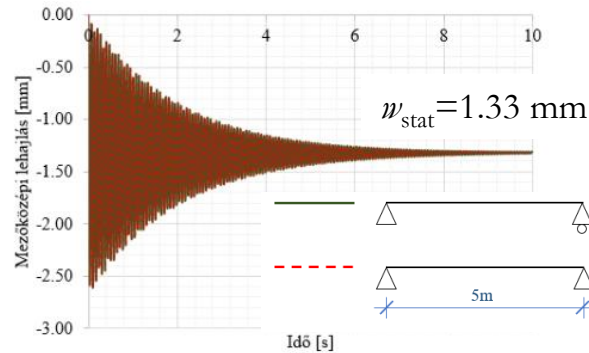
## GERENDA - ÖNSÚLY



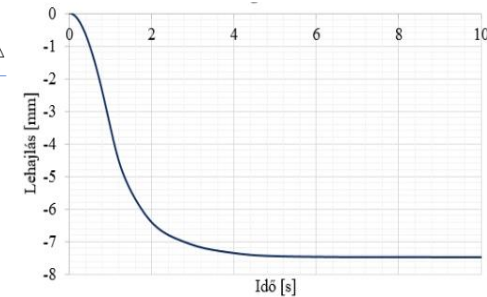
Nincs csillapítás:



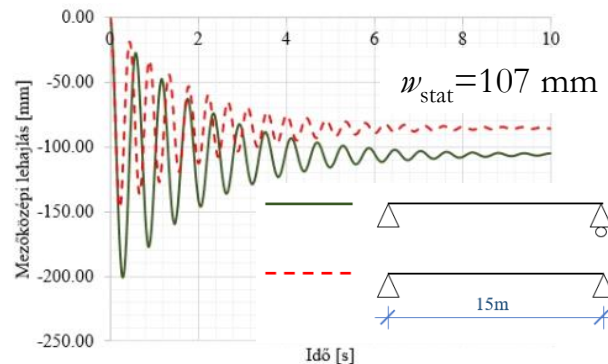
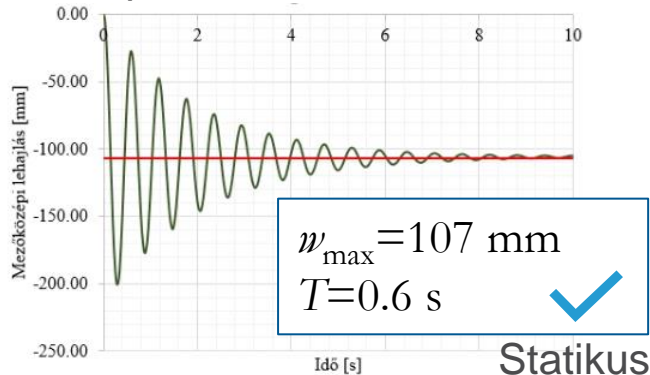
Nagy elmozdulások hatása:



1 integrálási pont



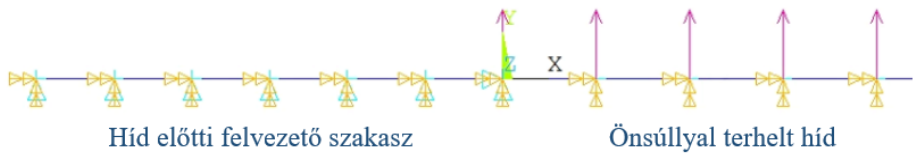
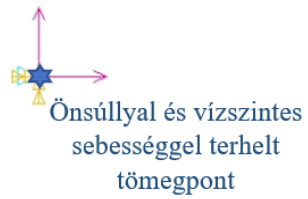
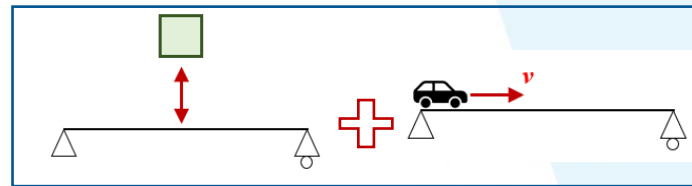
Van csillapítás:



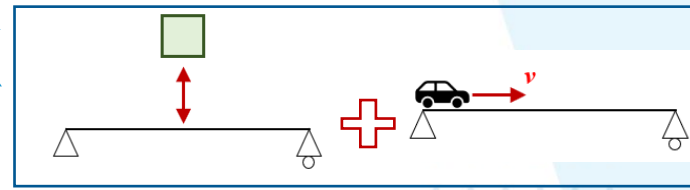
# 5. EXPLICIT PRÓBAMODELLEK

## GERENDA - KONTAKT

### Gerenda-tömegpont

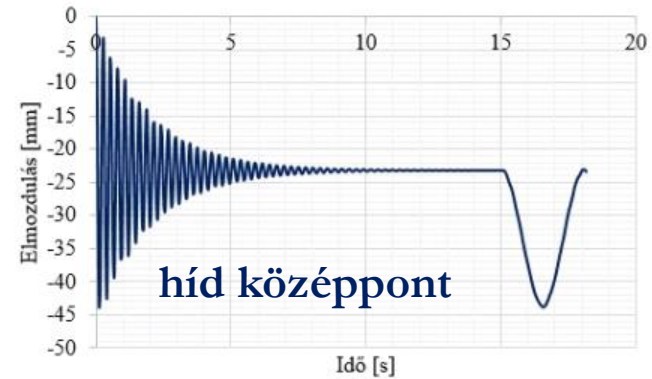
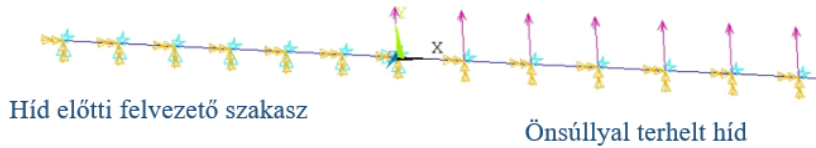


# 5. EXPLICIT PRÓBAMODELLEK



## GERENDA - KONTAKT

### Gerenda-gerenda

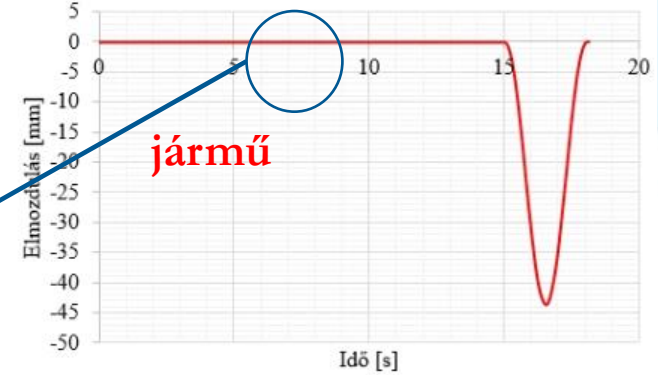
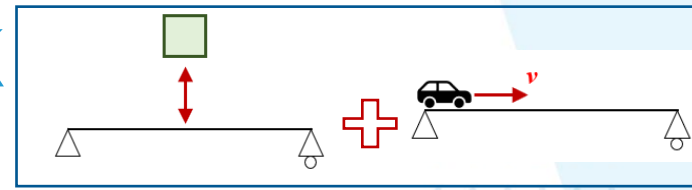
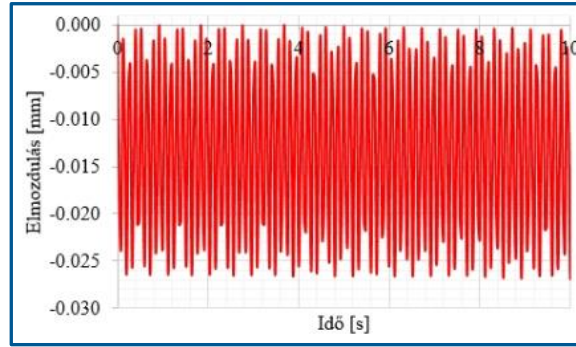


# 5. EXPLICIT PRÓBAMODELLEK

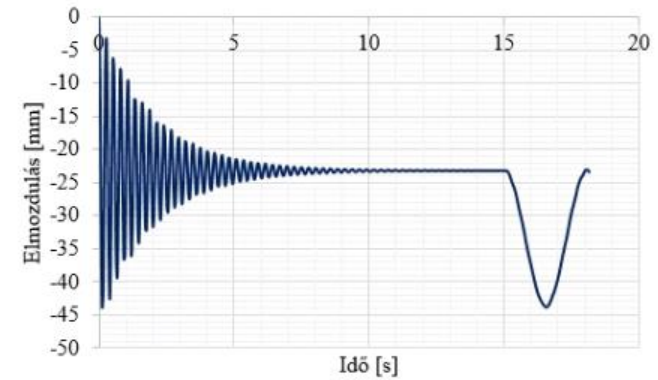
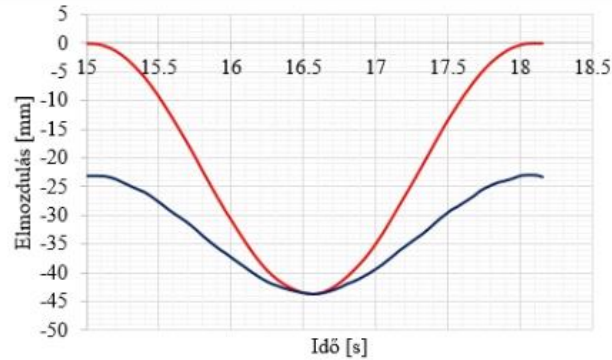
## GERENDA - KONTAKT

Gerenda-gerenda

ütközés



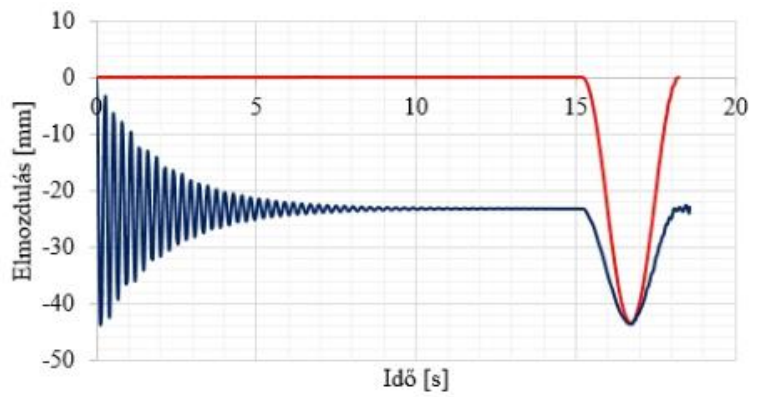
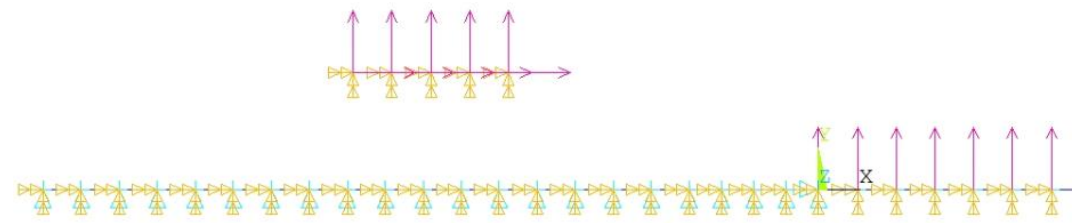
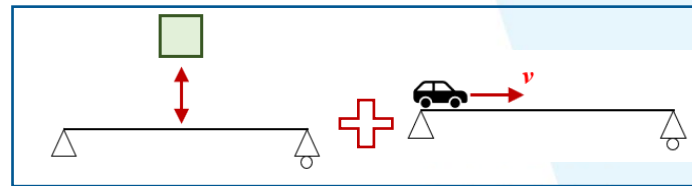
Jármű  
áthaladása:



# 5. EXPLICIT PRÓBAMODELLEK

## GERENDA - KONTAKT

Gerenda-gerenda



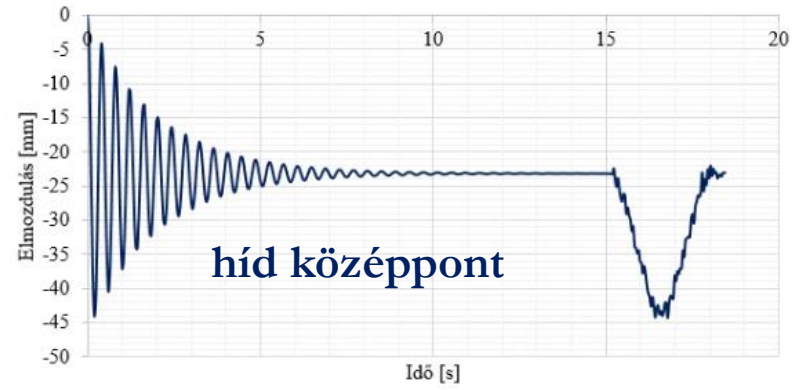
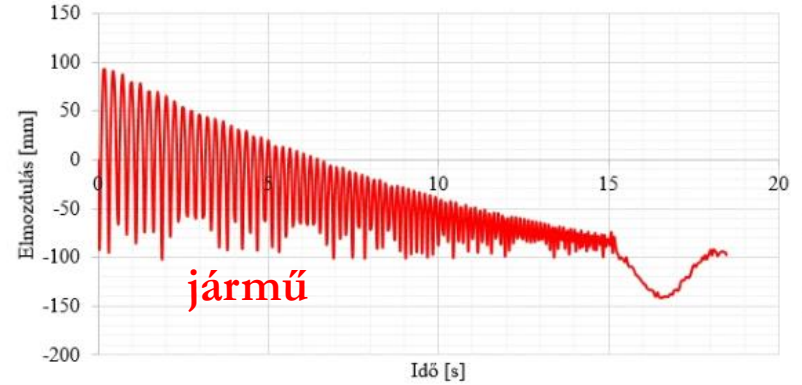
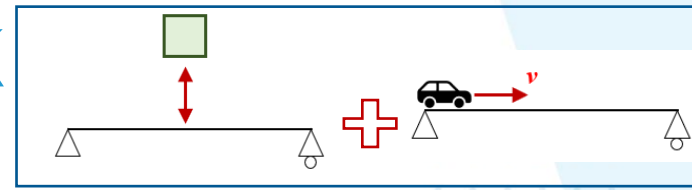
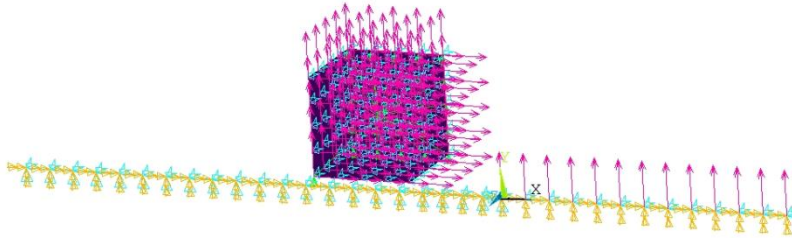
Járműnek így kiterjedés adható!



# 5. EXPLICIT PRÓBAMODELLEK

## GERENDA - KONTAKT

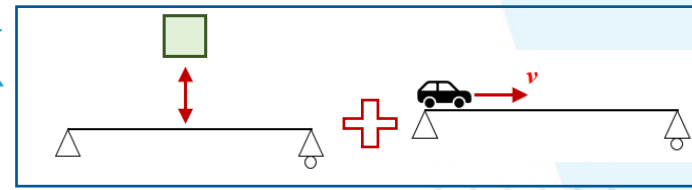
### Gerenda-tömegtest



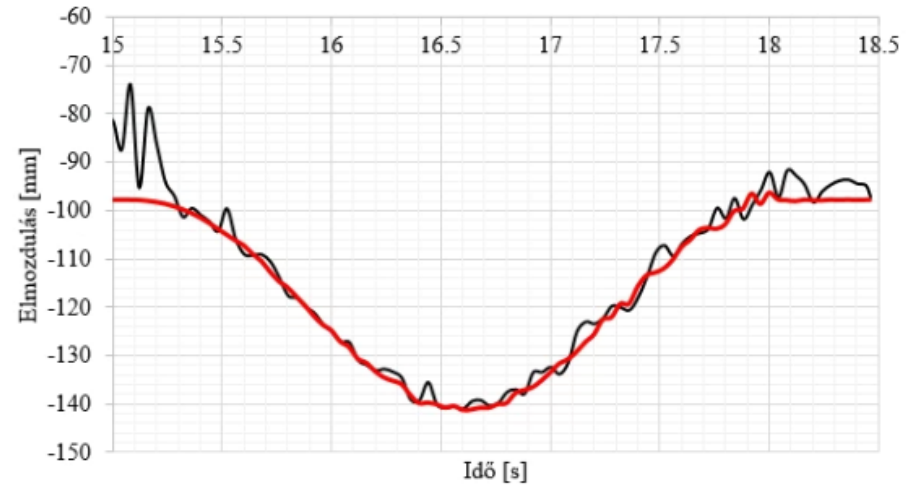
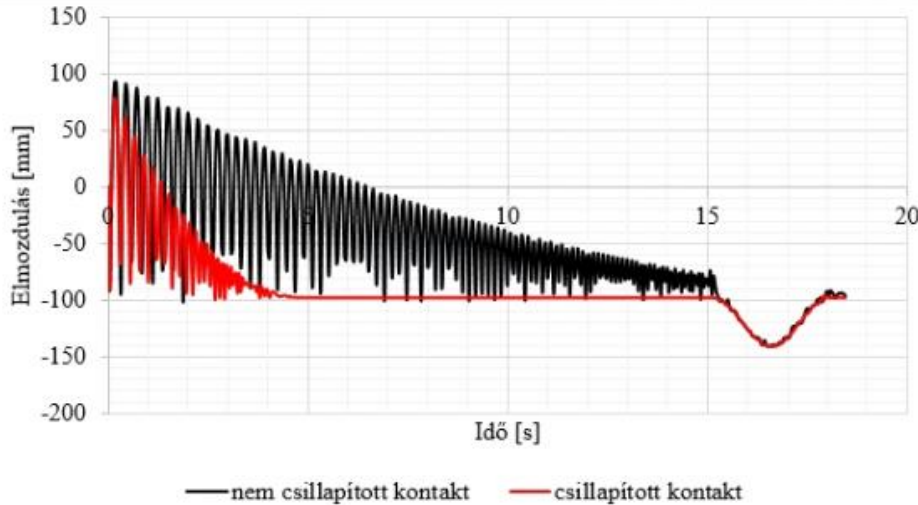
# 5. EXPLICIT PRÓBAMODELLEK

## GERENDA - KONTAKT

Gerenda-tömegtest

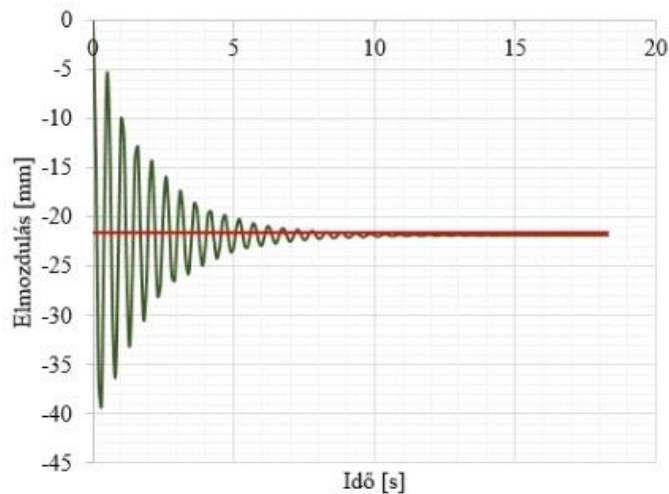
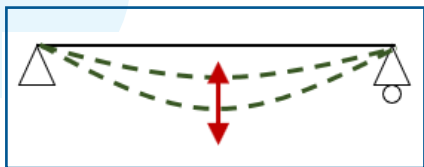


### Kapcsolati csillapítás hatása

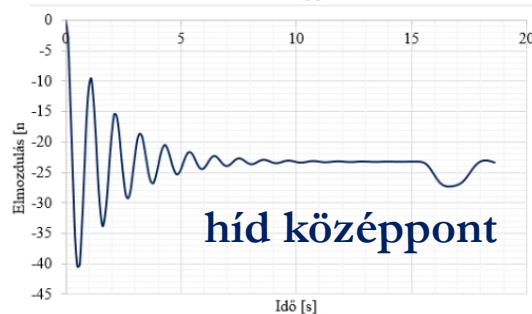
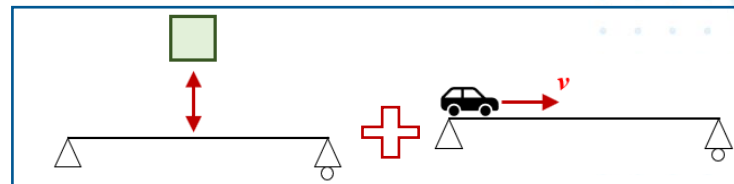


# 5. EXPLICIT PRÓBAMODELLEK

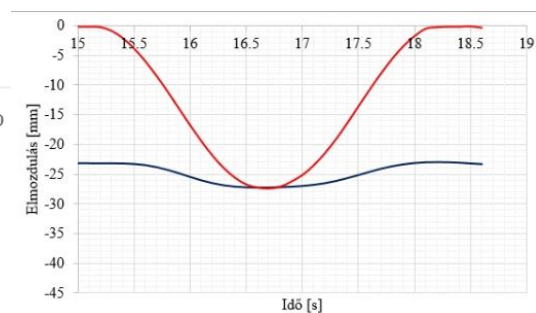
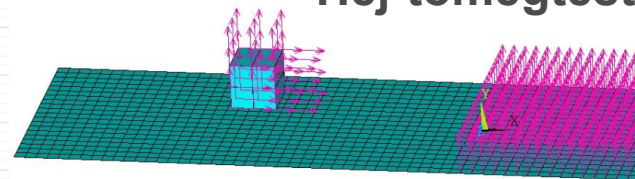
## HÉJ - ÖNSÚLY



## HÉJ - KONTAKT

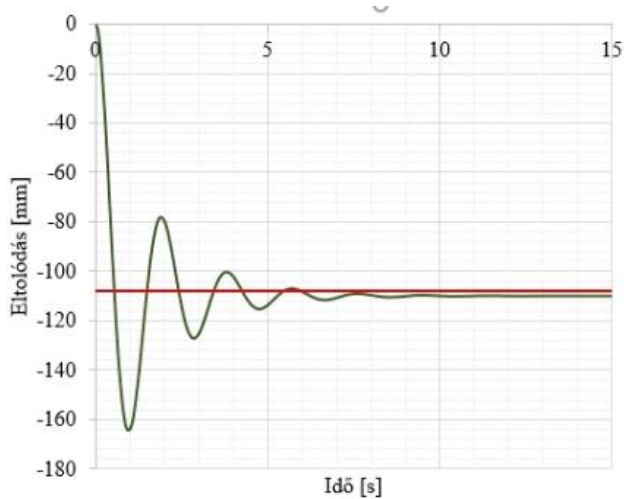
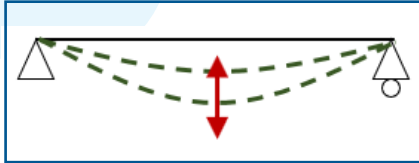


## Héj-tömegtest

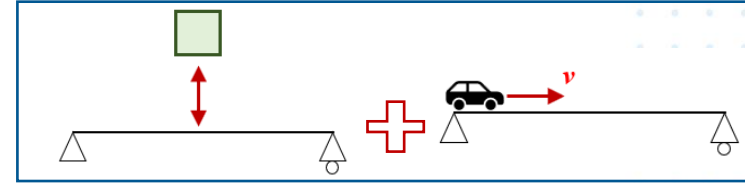


# 5. EXPLICIT PRÓBAMODELLEK

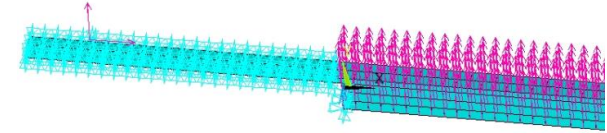
## TEST - ÖNSÚLY



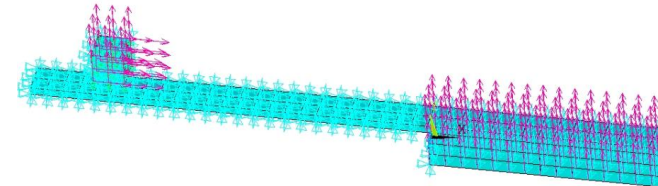
## TEST - KONTAKT



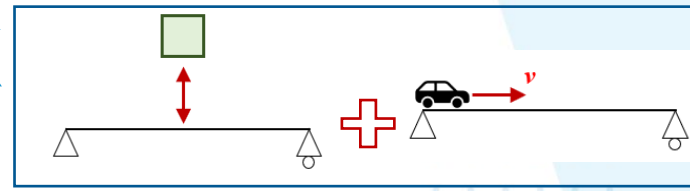
### Test-tömegpont



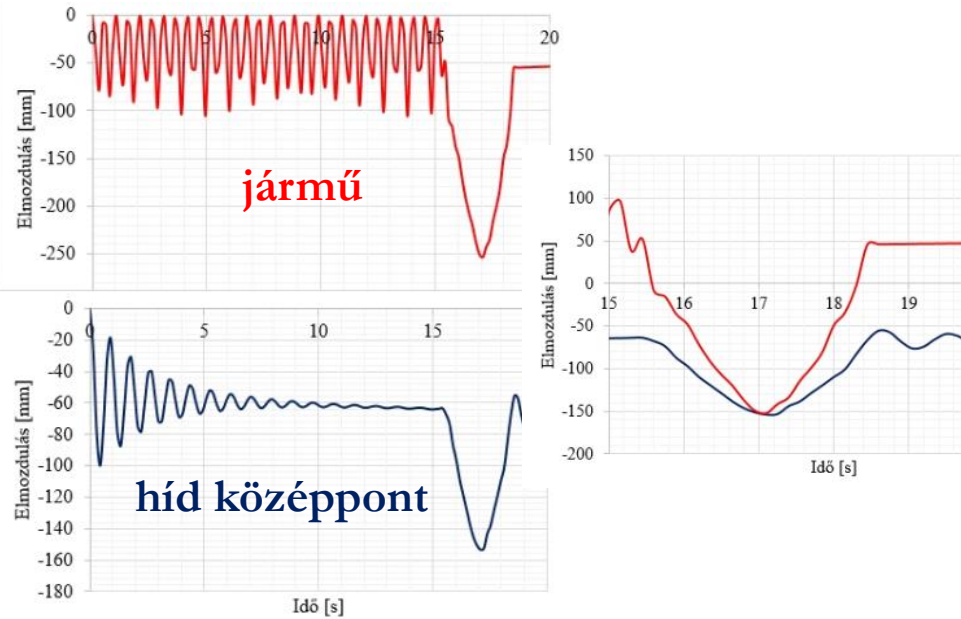
### Test-tömegtest



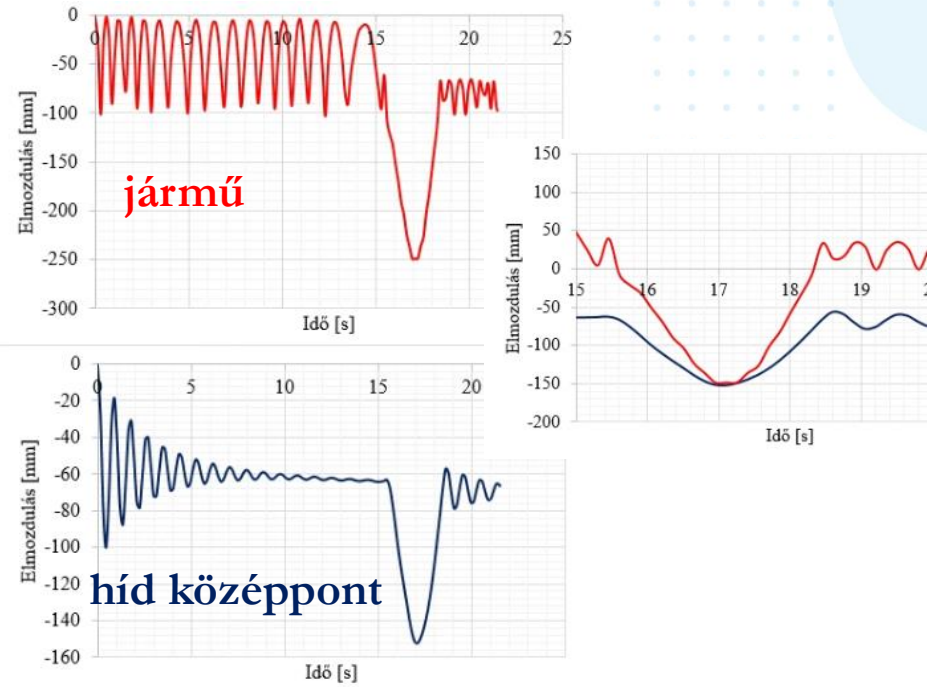
# 5. EXPLICIT PRÓBAMODELLEK



## Test-tömegpont



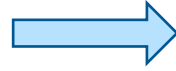
## Test-tömegtest



# 6. KOMÁROMI HÍD MODELLJE

- ANSYS implicit

- Héjmodell (+ kábelek)



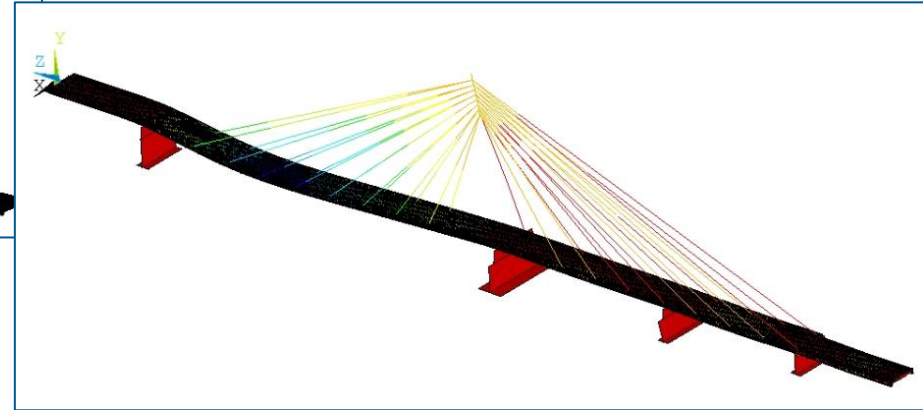
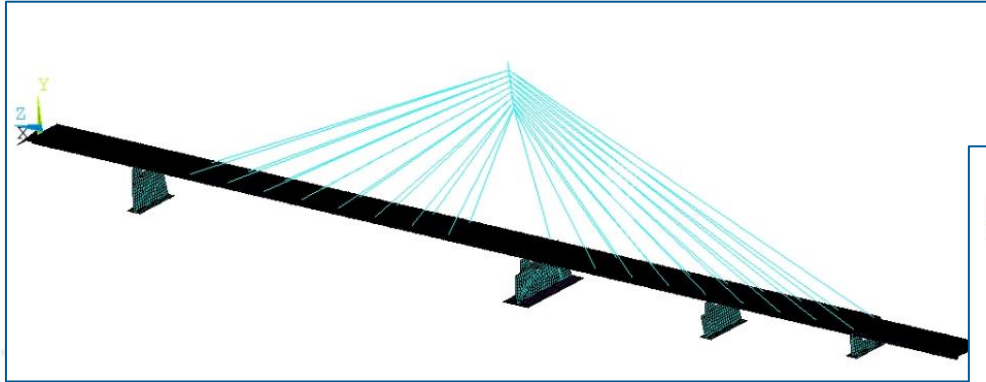
- ANSYS explicit (LS-Dyna)

- Héjmodell

- Héj+gerendamodel

- Kontaktok

- Jármű áthaladása

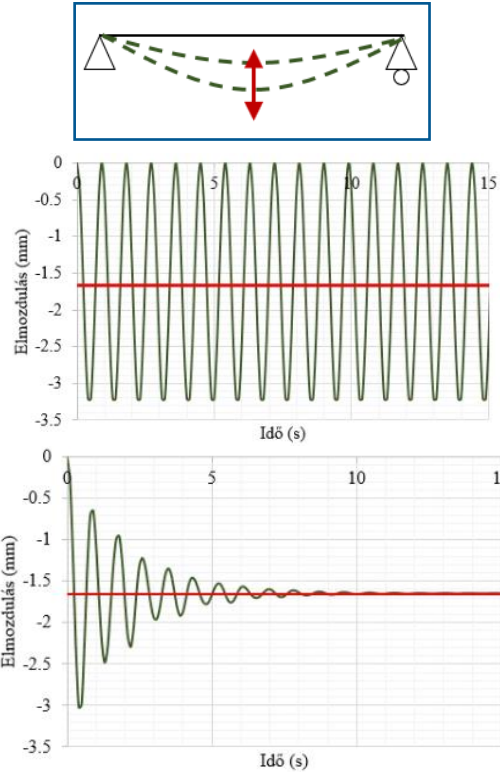
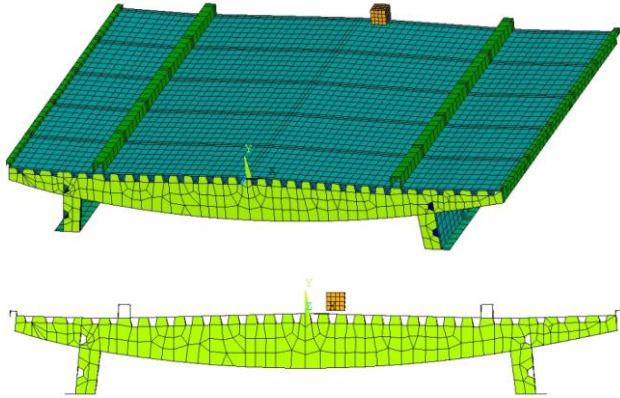




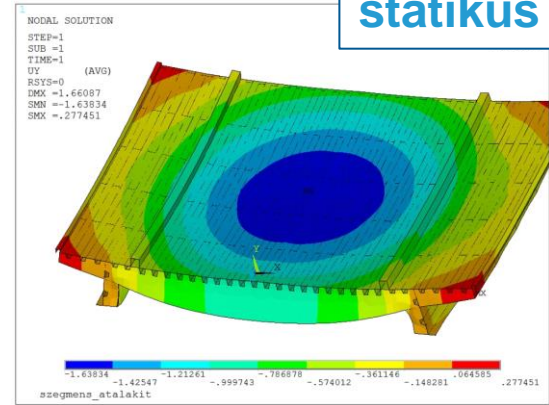
# 7. KOMÁROMI HÍD SZEGMENSÉNEK VIZSGÁLATA

Szegmens modellje+ jármű,  
mint tömegtest

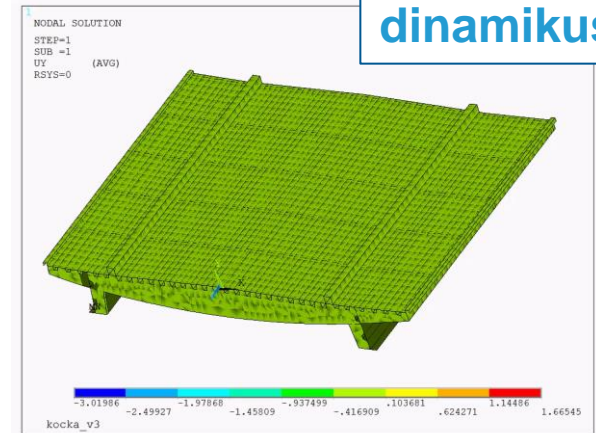
Vizsgálat önsúlyra



statikus



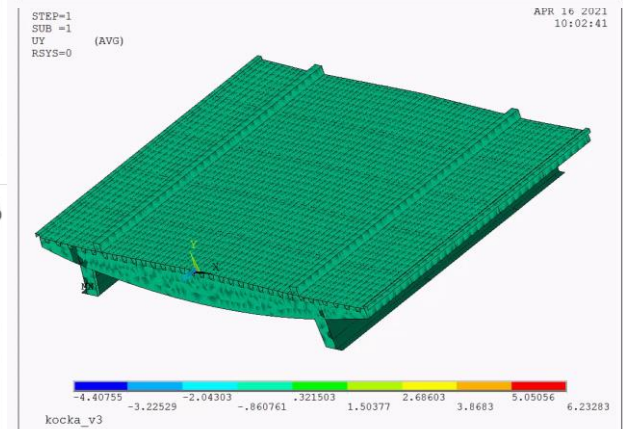
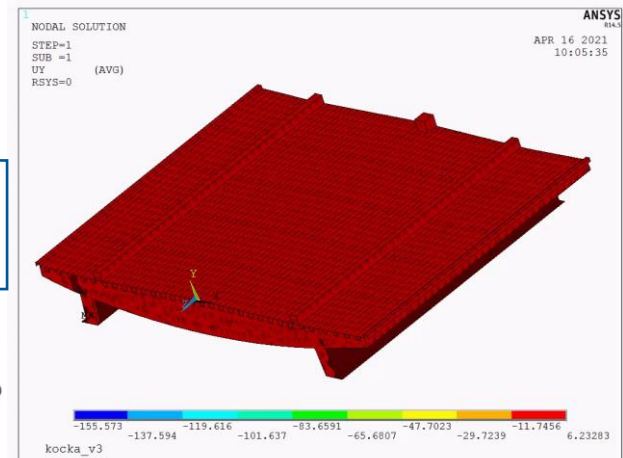
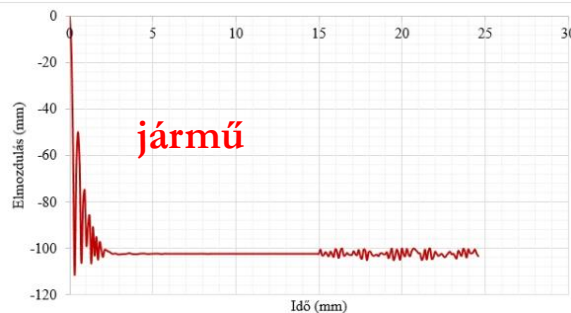
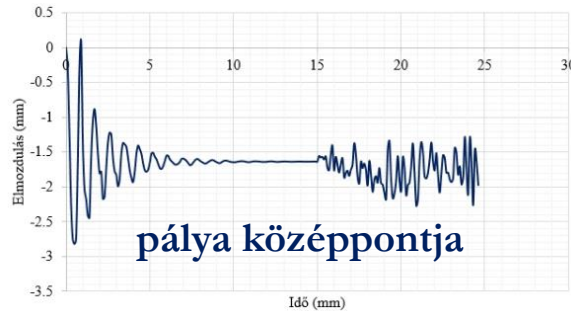
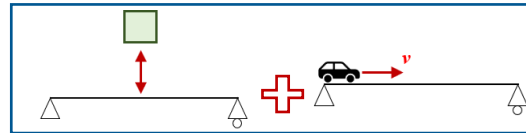
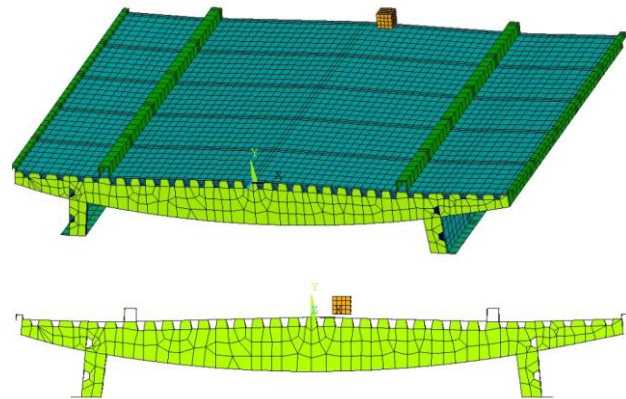
dinamikus



# 7. KOMÁROMI HÍD SZEGMENSÉNEK VIZSGÁLATA

Szegmens modellje+ jármű,  
mint tömegtest

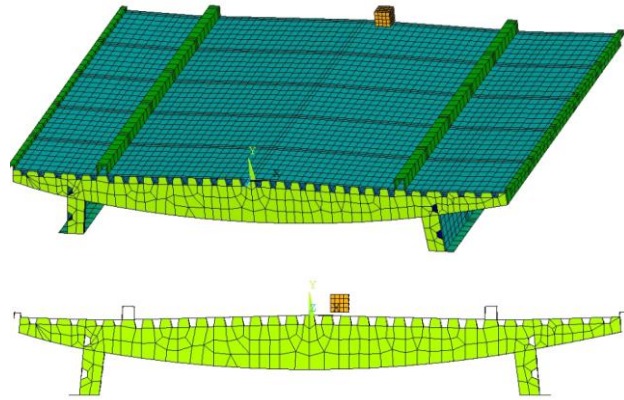
Vizsgálat áthaladó  
járműre





# 7. KOMÁROMI HÍD SZEGMENSÉNEK VIZSGÁLATA

Szegmens modellje+ jármű,  
mint tömegtest



## További feladatok

- **Modellparaméterek optimalizálása**
  - Kontakt csillapítása
  - Kapcsolati merevség
  - Globális csillapítás
  - „Mass scaling”
  - Kereszttartók és főtartók gerendaként modellezése
- **Implementálás teljes modellre**



**FUTÁSI IDŐ!**

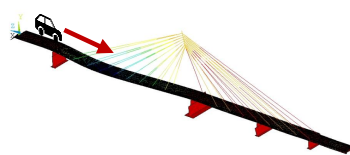
# 8. ÖSSZEFOGLALÁS

Mérések  
Mesterséges intelligencia



**INPUT**

Tengelyterhelés  
Jármű sebessége  
Időpont



**SZIMULÁCIÓ**

Implicit, explicit  
szimuláció a híd  
ikermodelljén



- Implicit próbamodellek
- Explicit próbamodellek
- Szimulációk a teljes híd modelljén
- Valós idejű futtatás kidolgozása



**Tekla**  
Structures



**OUTPUT**

Feszültségek,  
elmozdulások, stb...

- Ansys külső vezérlése
- Terhelési algoritmus
- LS-Dyna tesztelése
  - Önsúly
  - Kontaktok
  - Jármű áthaladása

**4G**

# KÖSZÖNÖM SZÉPEN A FIGYELMET!

**Dr. Pap Zsuzsa Borbála**

Adjunktus, BME Hidak és Szerkezetek Tanszék  
Tudományos munkatárs, 4iG