

The background of the slide is an aerial photograph of a dense forest, viewed from a high angle. The image has a blue color cast, giving it a cool, ethereal appearance. The trees are packed closely together, creating a textured, undulating surface of green and blue. The lighting is soft, suggesting a hazy or overcast day.

Modelování dynamického kontaktu železobetonových panelů

Petr Jůn

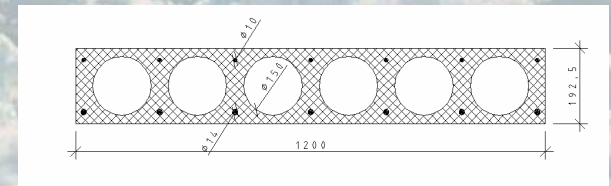
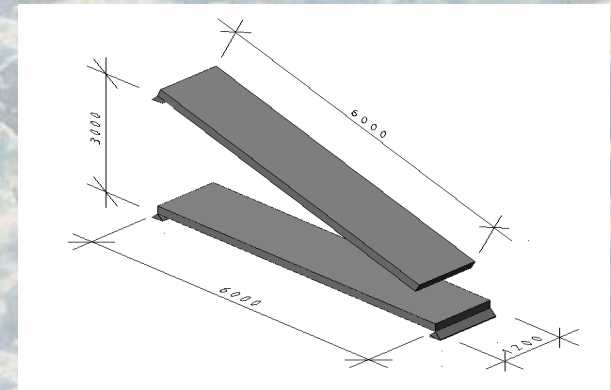
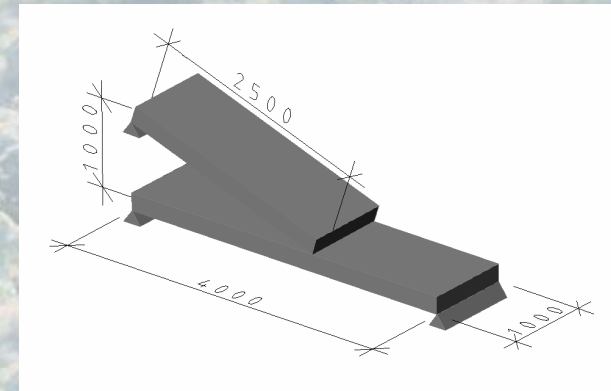
Motivace:

- Potřeba podrobného popisu problematiky demolice konstrukcí pomocí trhavin
- Ověření správnosti již používaných výpočetních modelů a představ
- Odzkoušení použitého výpočetního programu
- Použití získaných informací k vytvoření celkového modelu, který bude použit ke zvýšení efektivity a optimalizaci procesu demolice panelových objektů pomocí trhavin

Geometrie použitých modelů:

- Srovnávací model, 1 st. volnosti
- Horní panel hmotný, materiál homogenní, izotropní, elastický, $E=21\text{GPa}$, ($E=21 \times 10^6\text{GPa}$), $\nu=0,2$, $\rho=2500\text{kg/m}^3$
- Spodní panel je nehmotný, působí pouze jako pružná podpora o definované tuhosti

- Reálný model
- Horní i spodní panel je hmotný, $\rho=2500\text{kg/m}^3$, mechanické charakteristiky prvků jsou definovány zadáním tuhostí



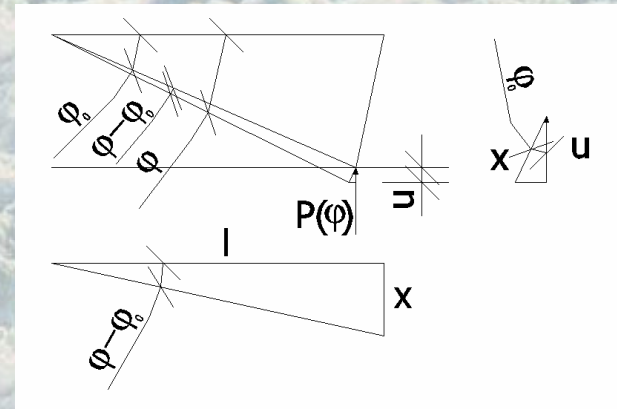
Matematický a fyzikální problém:

Analytické řešení:

- Pohybová rovnice:
$$M \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + B \frac{\partial u}{\partial t} + Ku = f(t)$$
- Je upravena:
$$I_o \frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} = f_g \frac{l}{2} \cos \varphi - P(\varphi) l \cos \varphi$$
- Kde:
$$I_o = \frac{1}{3} \mu l^3 \quad P(\varphi) = Ku = K l t g(\varphi - \varphi_0) \cos \varphi_0$$

- Výpočet rychlostí a zrychlení:

$$v(t) = \frac{\partial u}{\partial t} \quad a(t) = \frac{\partial^2 u}{\partial t^2}$$



Odvození geometrických závislostí

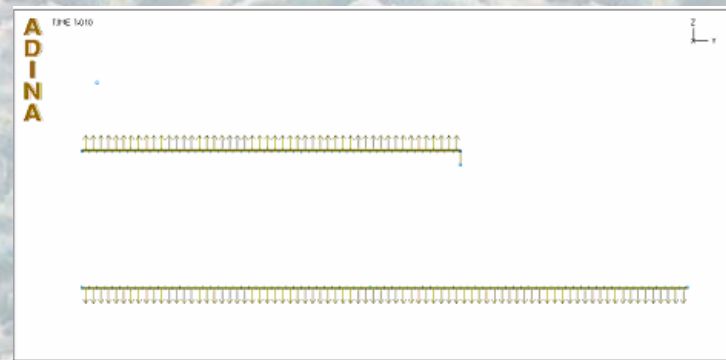
Matematický a fyzikální problém:

- **Numerické řešení:**
- Pohybová rovnice pro srovnávací řešení:
- Pohybová rovnice pro konkrétní řešení:
- Tlumení (Rayleigh):
- Nelineární, dynamická analýza řešená s uvážením konečných přemístění
- Řešeno pomocí MKP, přímou integrací řídicích rovnic

$$M \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + Ku = f(t)$$

$$M \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + B \frac{\partial u}{\partial t} + Ku = f(t)$$

$$B = \alpha M + \beta K$$



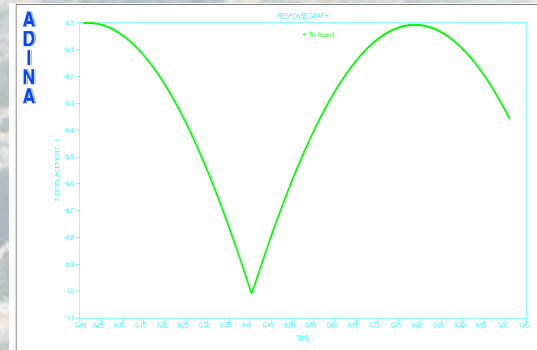
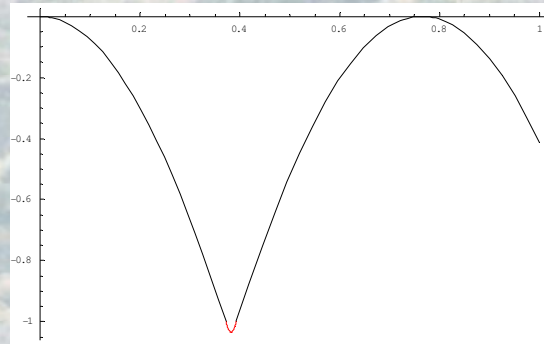
Model - ADINA

Metody řešení pohybové rovnice:

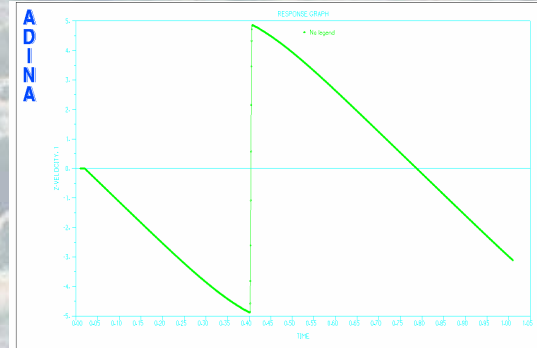
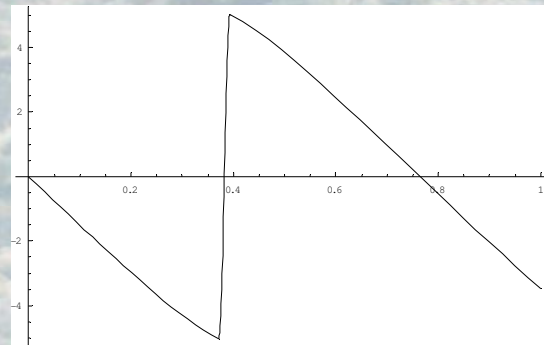
- Přímé řešení-software Mathematica 5.0, aplikovatelné pouze pro zjednodušený srovnávací výpočet
- Řešení pomocí MKP-software ADINA
- Implicitní metody
 - Newmarkova metoda-metoda konstantního průměrného zrychlení, parametry: $\delta=0,25$, $\alpha=0,5$ -stabilní, lineární úlohy, diagonální matice hmotnosti, konstantní integrační krok
 - Metoda Wilson θ -metoda lineárního průměrného zrychlení, parametr $\theta=1,37$ -stabilní
- Explicitní metody
 - Diferenční metoda, nelineární úlohy, diagonální matice tuhosti, podmíněně stabilní, nepoužitelná pro nehmotné stupně volnosti

Srovnání analytického a numerického řešení:

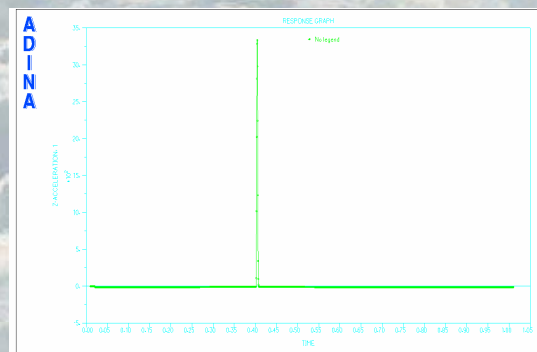
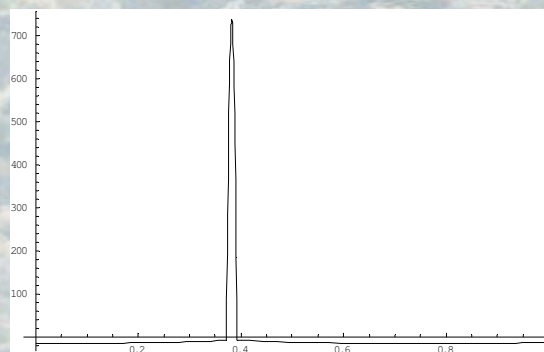
Časový průběh posunu [m]



Časový průběh rychlosti [m/s]

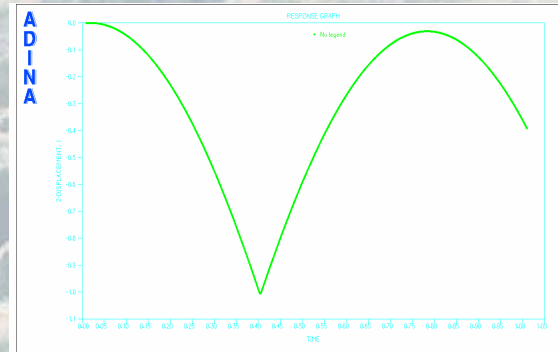
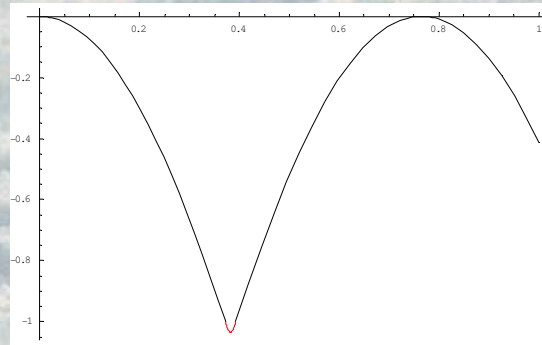


Časový průběh zrychlení [m/s²]

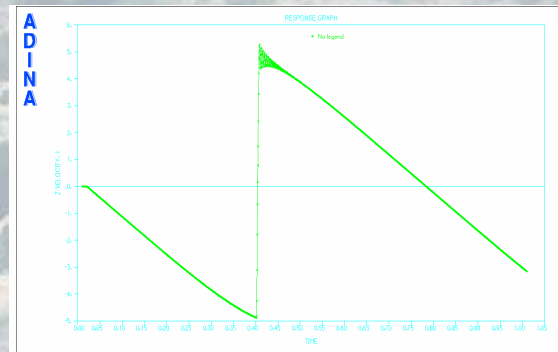
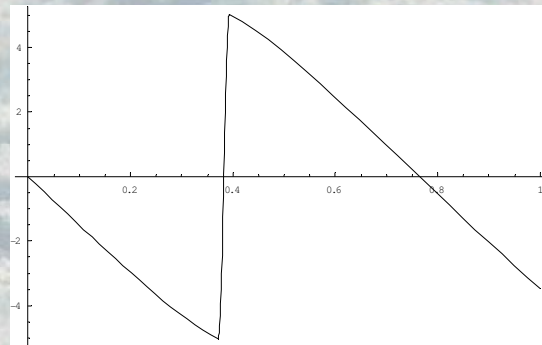


Srovnání analytického a numerického řešení:

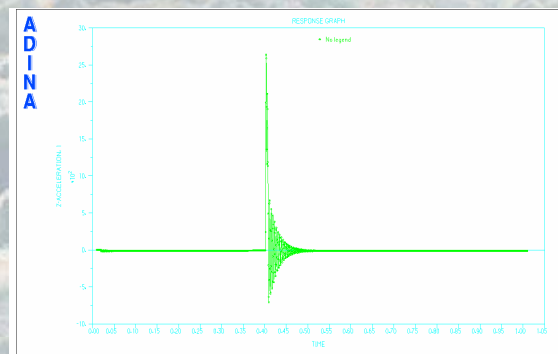
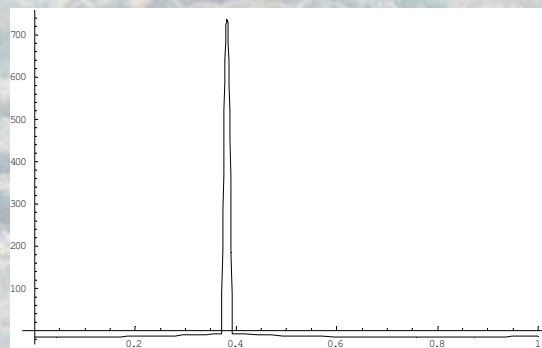
Časový průběh
posunu [m]



Časový průběh
rychlosti [m/s]

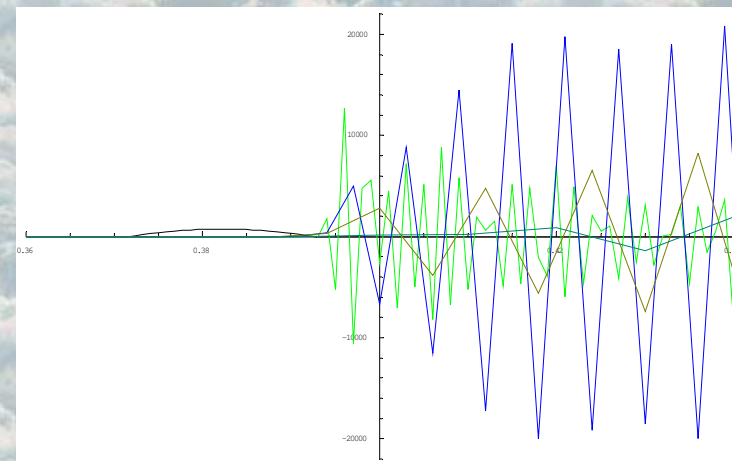
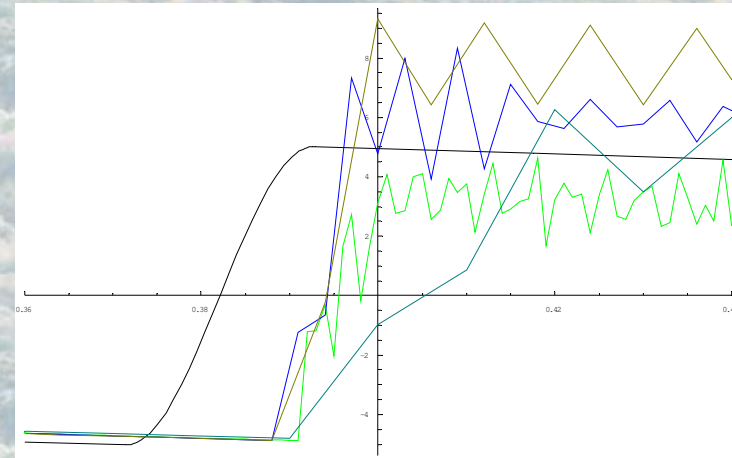


Časový průběh
zrychlení [m/s²]



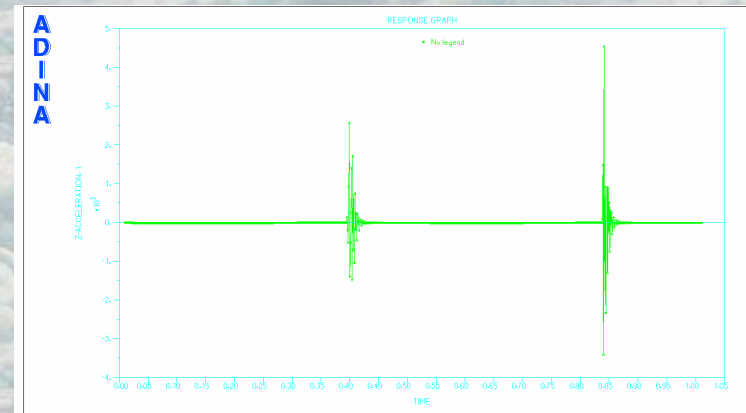
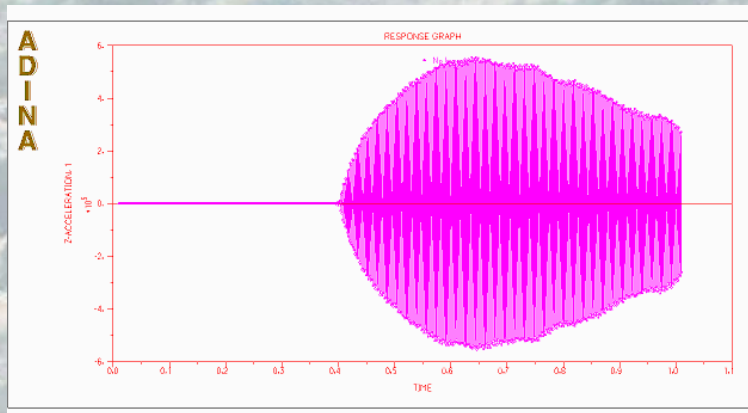
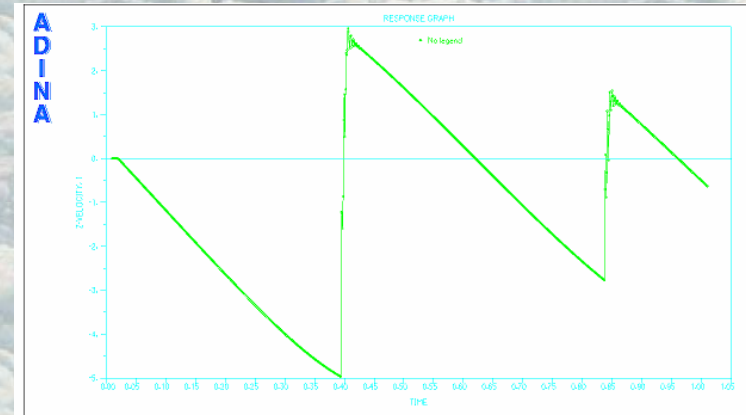
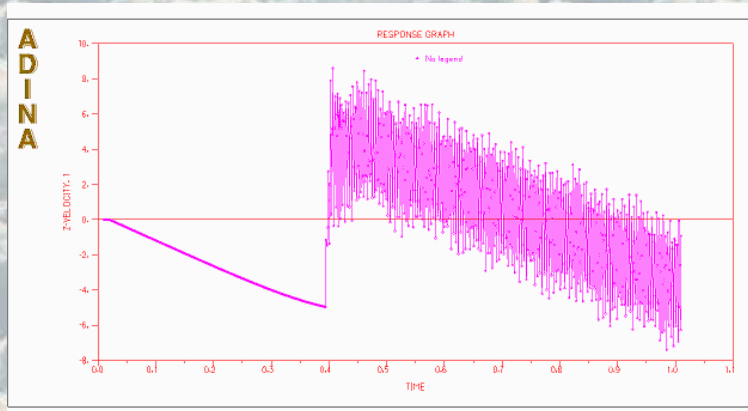
Ukázka citlivosti řešení na délce integračního kroku:

- Podrobnost v čase kontaktu
 $t=0,37-0,39s$
- Časový průběh rychlostí [m/s] pro
různé délky integračního kroku
- Časový průběh zrychlení [m/s²] pro
různé délky integračního kroku
- Zelená – krok 0,001s
- Modrá – krok 0,003s
- Hnědá – krok 0,006s
- Šedá – krok 0,01s
- Černá - analytické řešení



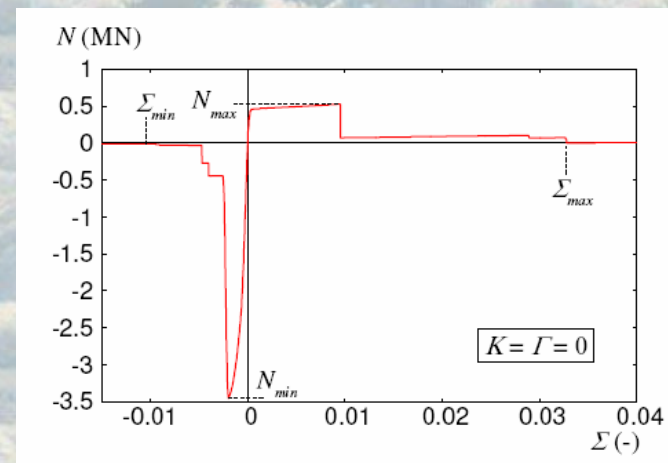
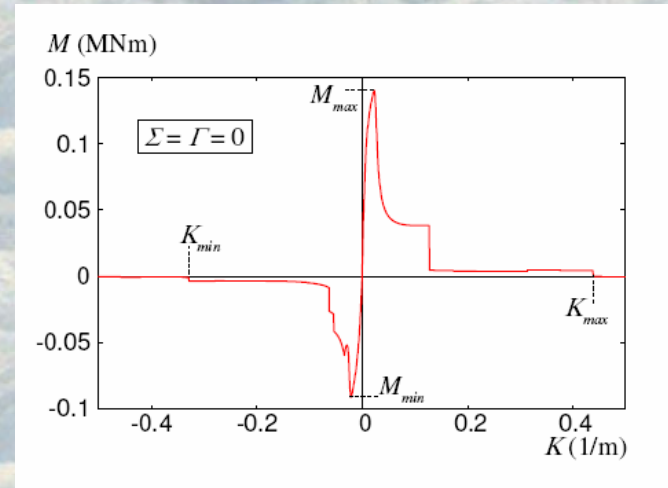
Ukázka citlivosti řešení na zvolené výpočtové metodě:

- Newmark, $\delta = 0.5$, $\alpha = 0.25$, krok $0.001s$, $v[m/s]$, $a[m/s^2]$
- Wilson-theta, $\theta = 1.4$, krok $0.001s$, $v[m/s]$, $a[m/s^2]$

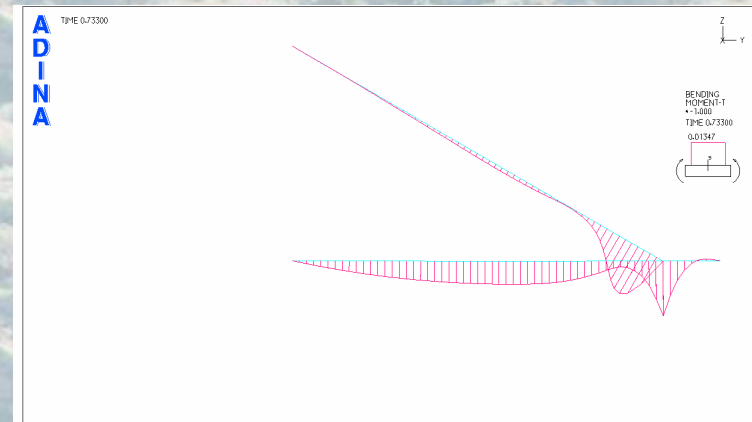
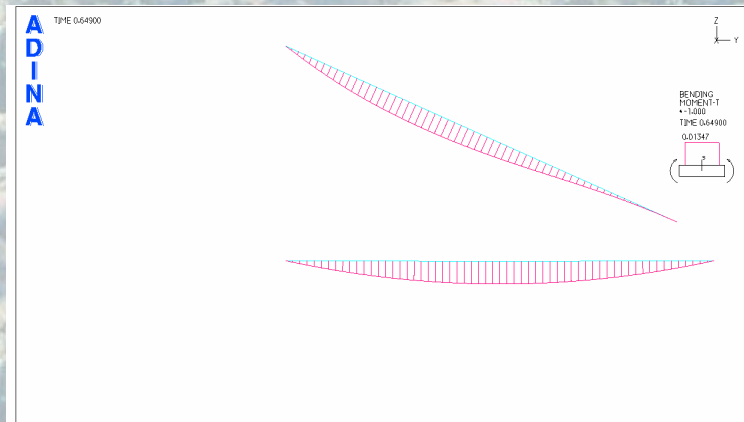
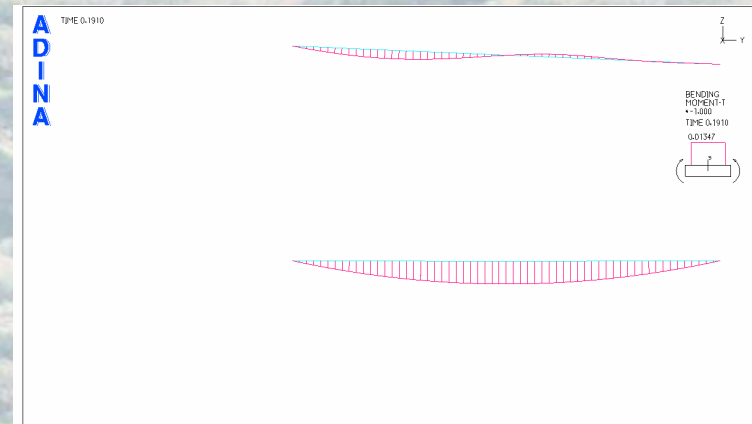
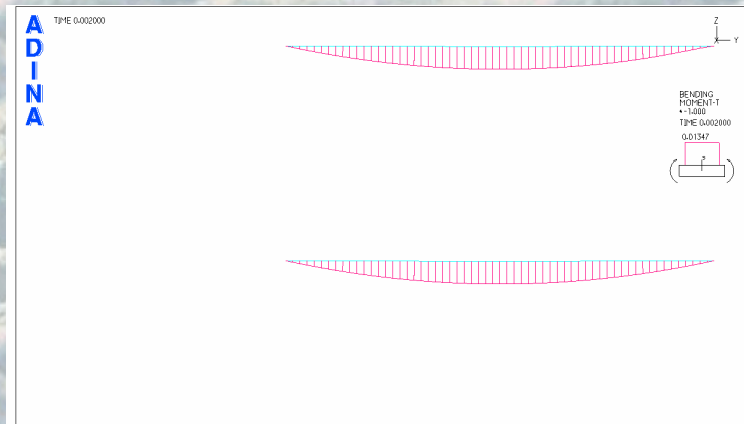


Model skutečného panelu:

- Uvedené charakteristiky byly zjištěny na základě modelu porušeného průřezu
- Model pro reálnou konstrukci, tlumení je uvažováno
- Model je řešen nejprve jako statická úloha, následně jako dynamická
- ADINA neumožňuje zadání sestupných závislostí, model nerespektuje rezervy panelu v plastické oblasti

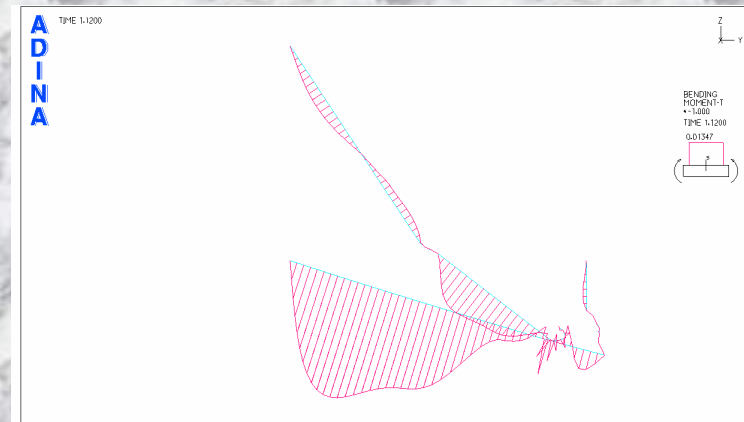
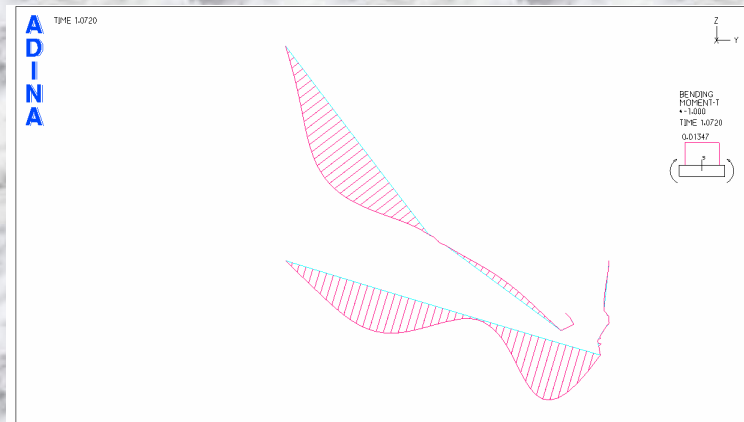
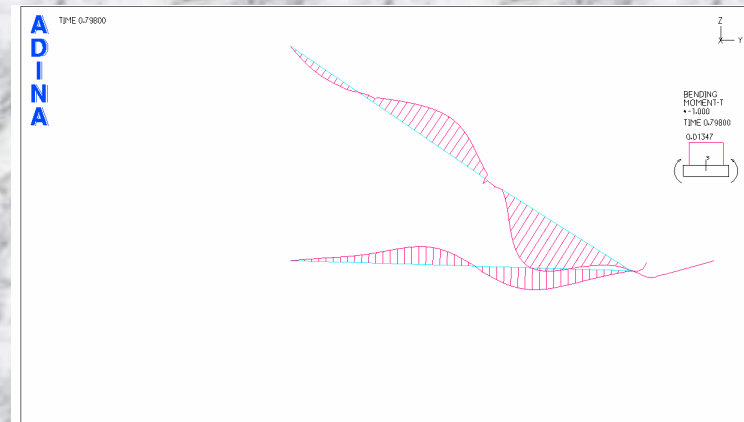
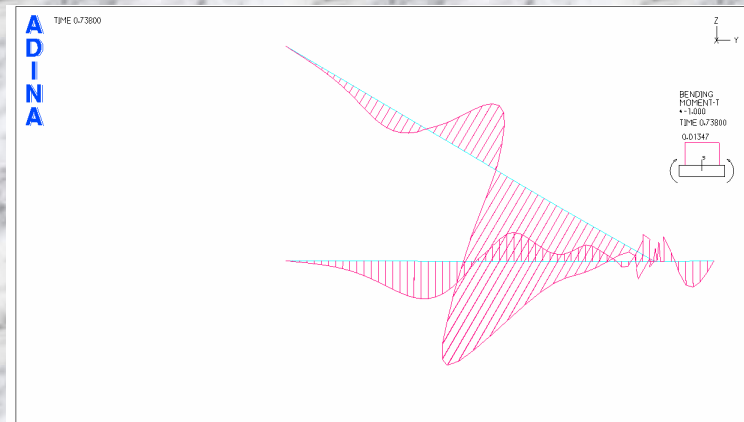


Kolaps železobetonových panelů:



- Průběh kolapsu železobetonových panelů v závislosti na čase

Kolaps železobetonových panelů:



- Průběh kolapsu železobetonových panelů v závislosti na čase

Závěr:

- Řešení úlohy ukázalo nutnost zohlednit dynamické účinky kontaktu v dalších výpočtech
- Délka integračního kroku $t=0,001s$, Wilson θ metoda
- Program ADINA byl odzkoušen a je možné jej použít při dalších výpočtech
- Výše uvedený model bude vložen do globálního modelu kolapsu celé budovy, tím bude zohledněn vliv možných nárazů panelových prvků na průběh demolice