

# Ćwiczenie 2

## Stany nieustalone = Analiza w czasie

**Ceownik** 60 x 40 x 1000 mm (ścianka 5 mm)

**Materiał:**

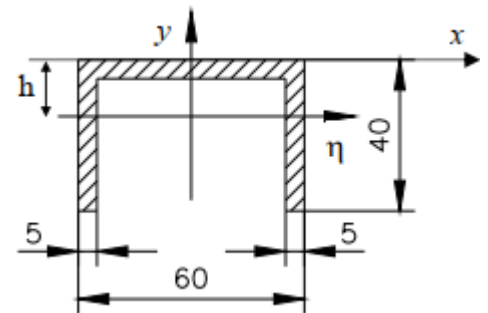
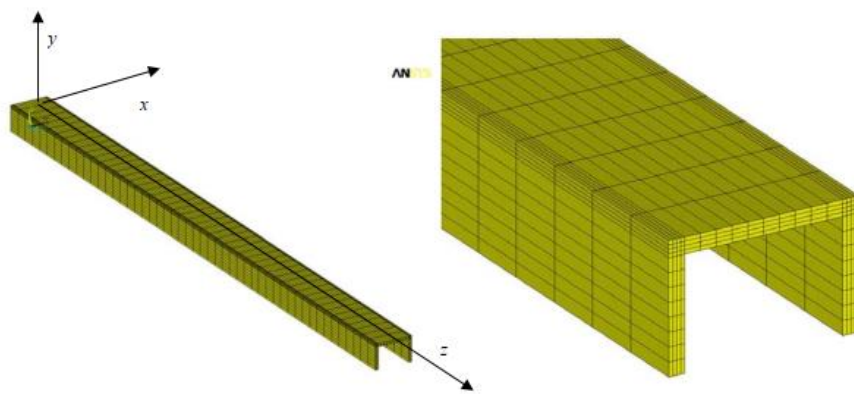
stal  $E=200$  GPa,  $\nu=0.3$ ,

$\rho=8000$  kg/m<sup>3</sup>

tłumienie 5% krytycznego

**Belka wspornikowa z Ćwiczenia 1 (analiza modalna):**

Utwardzenie w lewym końcu Obciążenie stałe  $F=500$ N, nagle przyłożone na swobodnym końcu na czas 0.3 s, a potem zdjęte na 0,2 s.



$$J=J_{\eta}=1.0097 \cdot 10^{-7} \text{m}^4$$

$$A=0.65 \cdot 10^{-3} \text{m}^2, \quad h=13.27 \text{mm}$$

### Oszacowania wstępne.:

**1. Tłumienie:** Z Ćwiczenia 1 wiemy: Pierwsza częstość własna – ok. 230 rad/s (35 Hz)

Czyli okres drgań - ok. 0.03 sek

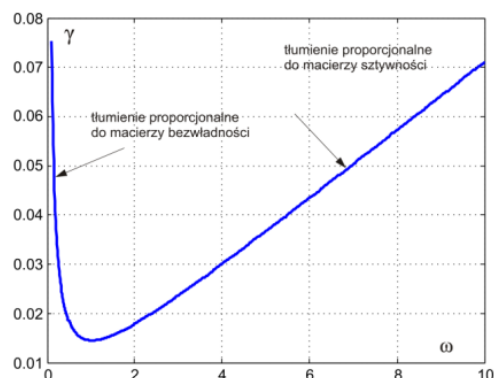
**Tłumienie modalne** jest skutecznym i wygodnym rozwiązaniem w sytuacji, gdy pomiary (lub założenia) określają udział tłumienia w poszczególnych postaciach własnych. Jest niezwykle korzystne (efektywne) w przypadkach, gdy analiza jest przeprowadzona metodą superpozycji modalnej.

**Tłumienie proporcjonalne (Rayleigha)** – najpowszechniej stosowanym modelem wyznaczania współczynnika tłumienia w tłumieniu wiskotycznym jest przyjęcie schematu, który postuluje przyjęcie macierzy tłumienia  $C$  jako zależnej od macierzy masowej  $M$  oraz macierzy sztywności  $K$ , czyli w postaci:

$$C = \alpha M + \beta K \quad (2.36)$$

Z modelu tłumienia Rayleigha, zakładając  $\gamma=5\%$ , istnienie tłumienia sztywnościowego i brak tłumienia masowego (czyli  $\alpha = 0$ ):

$$\begin{cases} \alpha + \beta \omega_i^2 = 2\gamma_i \omega_i \\ \alpha + \beta \omega_j^2 = 2\gamma_j \omega_j \end{cases}$$



Mamy :  $0 + \beta \times 230 = 2 \times 0.05$

Czyli dla MES: **BETA = 0.000435**

**ALFA = 0**

## 2. Czas analizy, podział na części i dobór kroków całkowania.

- a. Pierwszy krok – obciążenie 500 N (4 siły po 125 N) .  
Czas działania 0.3 sek, czyli ok. 10 okresów drgań.  
Przyjmujemy 150 kroków (czyli 15 kroków na okres.)
- b. Drugi krok – zdjęcie obciążenia.  
Liczymy dodatkowe 0.2 sek (do czasu 0.5 sek). Przyjmujemy 25 kroków,  
czyli bardzo **GRUBO**... (mamy nieco ponad 6 okresów i tylko 25 kroków).

## Kroki w programie ANSYS, cd Ćwiczenia 1:

Solution:

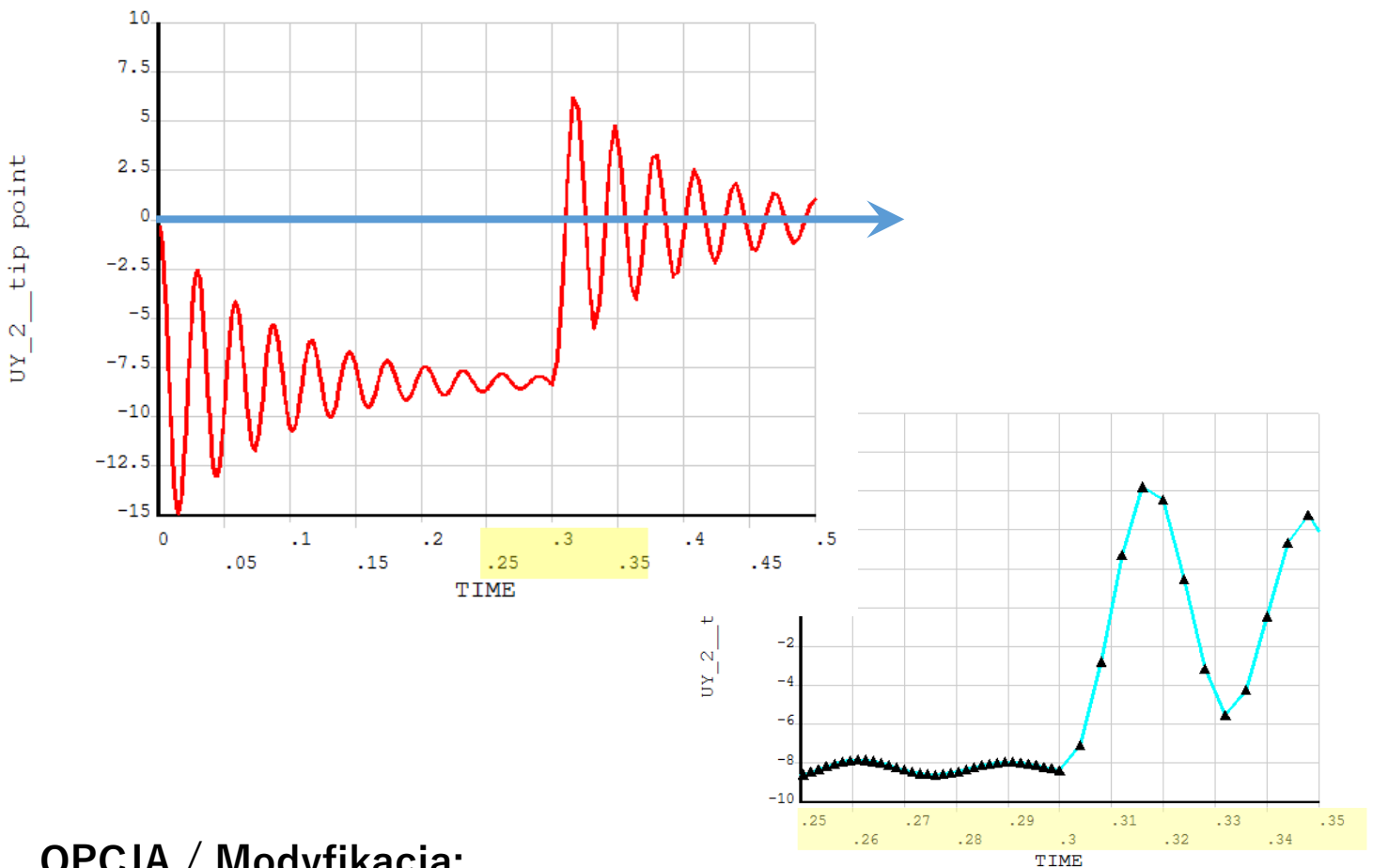
3. Otworzyć bazę z **Ćwiczenia\_1**. Ustawienie nowego typu analizy **Analysis Type**
  - a. *New Analysis – (Transient a następnie Full)*
4. Pierwszy krok obciążenia – czas, kroki, tłumienie i obciążenie
  - a. Ustawienia kontrolne (**Analysis Type - Solu Controls**) – do 0.3 s w 150 krokach, obciążenie stałymi siłami, razem 500N w dół
    - i. w zakładce BASIC: *Time at end= 0.3 s, Number of substeps = 150*
    - ii. w zakładce TRANSIENT *Stepped Loading oraz tłumienie BETA = 0.000435*
  - b. Przyłożone obciążenie (**Define Loads - Apply - Structural - Force**)
    - i. w 4 punktach na końcu (np. w Keypoints) FY=-125N
  - c. zapisanie szczegółów tego kroku (**LoadStep Options – Output Controls**) - **ostrożnie !!**
    - i. zapis we wszystkich podkrokach (*Solu Printout –Every Substep*)
    - ii. zapis **LoadStep**: *Write LS file* (nadać nr 1)
5. Kolejny krok obciążenia – czas, kroki, tłumienie i obciążenie ( i w pętli ewentualne dalsze kroki)
  - a. Ustawienia kontrolne (*Solu Controls*) – do 0.5 s w 25 krokach, **obciążenie zdjęte**.
    - i. w zakładce BASIC: *Time at end= 0.3 s, Number of substeps = 25*
    - ii. w zakładce TRANSIENT b/z *Stepped Loading oraz tłumienie BETA = 0.000435*
  - b. Usunięte obciążenie (*Define Loads - DELETE - Structural - Force*)
    - i. Najlepiej – we wszystkich KeyPoints
  - c. zapisanie szczegółów tego kroku (**LoadStep Options - Output Controls**) - **ostrożnie !!**
    - i. zapis we wszystkich podkrokach (*Solu Printout –Every Substep*)
    - ii. zapis **LoadStep**: *Write LS file* (nadać nr 2)
6. Uruchomienie obliczeń kroków 1 | 2
  - a. **Solve** – From LS Files (*Starting 1, Ending 2*)

## Wizualizacja wyników

7. **TimeHistory Postprocessing** (i dalej np. poprzez ikony)
  - a. 1sza ikona (plusik) – wybór punktu i składowej fizycznej do wykresu
  - b. 3cia ikona – wykonaj wykres
  - c. 4ta ikona – listowanie wyników wybranej wielkości
8. Kontrola wykresu : *Plot Controls – Style – Graphs*
  - a. znaczniki na krzywej (*Modify Curves*), zakres i typ osi (*Aaxis*), siatka (*Grid*)
  - b. tło na biało *Plot Controls – Style – Colours -Reverse Video*

## Ilustracja wyników:

1. Tabela przemieszczeń końca belki (wybrany punkt)
2. Zrzuty deformacji kilku kroków drgań (wybrać chwilę czasu)
3. Dla kilku chwil mapy PRZEMIESZCZEŃ (dla charakterystycznej składowej przemieszczenia)



## OPCJA / Modyfikacja:

Modyfikacja obciążenia – wytłumienie i porównanie ze statyką

$$\xi = \frac{\delta}{\sqrt{(2\pi)^2 + \delta^2}} \stackrel{\text{dla } \delta^2 \rightarrow 0}{\cong} \frac{\delta}{2\pi}$$

gdzie:  $\delta = \ln(A_i / A_{i+1})$  - logarytmiczny dekrement tłumienia.