C. Petersen, H. Werkle, Dynamik der Baukonstruktionen
2. Auflage, Springer Vieweg, Wiesbaden, 2018
Softwareentwicklung: Andrei Firus, M.Eng (andrei.firus@gmail.com)

Programm: ML_20_1_Zugueberfahrt_Einfeldtraeger

Version: 1.0 April 2018

Beschreibung:
Das Programm berechnet die Schwingungsantwort eines einfach gestützten Einfeldträgers infolge einer Zugüberfahrt. Die Berechnung erfolgt mithilfe einer Modalanalyse wobei die Integration der modalen Bewegungsgleichungen numerisch mittels Newmark-Verfahren durchgeführt wird (s. Abschn. 29). Die dem Programm zugrunde gelegte Formulierung ist Abschn. 20.6 zu entnehmen.

Eingabe:

- Eingabedateien:
  - *Inputdatei_1*: Lastdefinition (Im Programm unter Matrix $Kraftdefinition$ eigelesen):
    - Spalte 1: Örtliche Koordinaten der Radsatzlasten mit Bezug auf die erste Achse: x_k [m];.
    - Spalte 2: Radsatzlasten P_k [N].
- Eingaben im Quellcode:
    - Länge des Trägers: l [m];
    - Masse pro Längeneinheit: mue [kg/m];
    - Dämpfungsmaß (für alle Eigenformen): xi [-];
    - Flächenträgheitsmoment: I [m^4];
    - Elastizitätsmodul: E [N/m^2]
    - Faktor zur Steuerung der Gesamtzeit der Berechnung: a_tmax [-]. Für $a\_tmax = 1$ ist die Berechnungsdauer gleich der Überquerungszeit des Trägers;
    - Anzahl der Unterteilungen der kleinsten Eigenschwingzeit zwecks Definition eines geeigneten Berechnungszeitschritts: ndt [-];
    - Anzahl der bei der Berechnung berücksichtigten Eigenformen: n [-];
    - Stelle der Ausgabe: $x0$ [m] mit $0 \leq x0 \leq l$;
    - Überfahrtgeschwindigkeit in [km/h]: v_zug_kmh.

Ausgabe:

- *Outputdatei_1*:
    - Bestätigung der Eingaben;
    - Eigenkreisfrequenzen: Vektor $Omega$ [1/s];
    - Eigenfrequenzen: Vektor $Freq$ [Hz];
    - Eigenschwingzeiten: Vektor T [s];
    - Modale Massen: Vektor m [kg];
    - Modale Steifigkeiten: Vektor k [N/m];
    - Modale Dämpferkonstanten: Vektor d [Ns/m];
    - Berechnungszeitschritt: dt [s];
    - Anzahl der Berechnungszeitschritte: nt [-];
    - Gesamtzeit der Berechnung: t_ber [s];
    - Überfahrtgeschwindigkeit in [m/s]: v_zug;
    - Zuglänge: l_zug [m];
    - Zeit zur Überquerung des Trägers: T_u [s];
    - Eigenformen am Ausgabepunkt: phi_a [-];
    - Integrationsparameter des Newmark-Verfahrens: $alpha$ und $beta$;
    - Maximale Verschiebung am Ausgabepunkt: $ymax$ [m];
    - Minimale Verschiebung am Ausgabepunkt: $ymin$ [m];

- Maximale Geschwindigkeit am Ausgabepunkt: $vmax$ [m/s];
- Minimale Geschwindigkeit am Ausgabepunkt: $vmin$ [m/s].
- Maximale Beschleunigung am Ausgabepunkt: $amax$ [m/s^2];
- Minimale Beschleunigung am Ausgabepunkt: $amin$ [m/s^2].

- *Outputdatei_2*: Zeitverläufe der Bewegungsgrößen am Ausgabepunkt
  - Spalte 1: Zeitvektor der Berechnung: t [s];
  - Spalte 2: Verschiebungsvektor y [m];
  - Spalte 3: Geschwindigkeitsvektor v [m/s];
  - Spalte 4: Beschleunigungsvektor a [m/s^2].

Hinweise:

- Alle sich bei der Berechnung ergebenden Größen sind dimensionsecht. Bei der Eingabe können daher auch andere konsistente Einheiten gewählt werden wie z.B. [t] für die Masse und [kN] für die Kraft.
- Das Dämpfungsmaß wurde im Rahmen der Berechnung für alle Eigenformen gleich angenommen. Sollte eine Berechnung mit unterschiedlichen modalen Dämpfungsmaßen durchgeführt werden, kann das Programm im Berechnungsblock unschwer angepasst werden.
- Die Integrationsparameter $alpha$ und $beta$ nehmen im Programm die im Abschn. 29 empfohlenen Werte 0,5 und 0,25 an. Sollte eine Berechnung mit anderen Parametern durchgeführt werden, sind diese im Berechnungsblock anzupassen.
- Die Anzahl der Unterteilungen der Eigenschwingzeit ndt für die Bestimmung des Berechnungszeitschrittes $dt = T_{\mathrm{min}}/ndt$ sollte so gewählt werden, dass auch die höheren berücksichtigten Eigenschwingungen vollständig abgebildet werden. Dies gilt in der Regel für $ndt \geq 10$.
- Der Programmhinweis steht im Buch bei Beispiel 7 in Abschn. 20.6, weil die volle Leistungsfähigkeit des Programms erst bei Aufgaben dieser Art aufgezeigt wird. Die Formulierung des Programms basiert jedoch auch auf den Beispielen 4 und 6 desselben Abschnittes, die die Überfahrt einer Einzellast über einen Einfeldträger (analytische Lösung mit Modalanalyse), bzw. Zweifeldträger (numerische Lösung mit Modalanalyse) behandeln.
- Das Programm kann unschwer für die Berechnung beliebiger, durch die Nachgiebigkeitsmatrix (oder Steifigkeitsmatrix) und die Massenmatrix definierter Systeme modifiziert werden, z.B. für den Zweifeldträger im Beispiel 6, Abschn. 20.6.
- Aufgrund des bei der Matlab-Programmierung auf 1 festgelegten Ursprungs von Vektoren und Matrizen (Laufvariablen können innerhalb eines Vektors nicht bei null anfangen), mussten die dem Programm zugrunde liegenden, im Buch angegebenen Gleichungen für die Matlab-Programmierung entsprechend angepasst werden. Dies betrifft den Abschnitt zur Integration der Bewegungsgleichung mit dem Newmark-Verfahren.

Vordefiniertes Beispiel: Beispiel 7, Abschn. 20.6.