

Programm: ML_13_5_Antwortspektrenverfahren_MFG_Stab

Version: 1.0 April 2018

Beschreibung:

Das Programm berechnet die Erdbeben-Ersatzlasten und die maximalen horizontalen Verschiebungen eines Mehrfreiheitsgradschwingers mit dem Antwortspektrenverfahren. Es geht von einem durch seine Nachgiebigkeits- und Massenmatrix definierten senkrechten stabförmigen System aus, wie dies bei einem turmartigen Bauwerk der Fall ist (z.B. ein Abluftkamin). Die Zuordnung der an der Globalverformung beteiligten Freiheitsgrade erfolgt durch die Eingabe eines Topologievektors. Die Steifigkeitsmatrix kann sowohl Translations- als Verdrehungsfreiheitsgrade beinhalten. Das einzugebende Antwortspektrum kann beispielsweise im Vorfeld mit den Programmen *ML_13_1*, *ML_13_2* oder *ML_13_3* ermittelt werden. Um die Beteiligung der Eigenformen an der Gesamtantwort analysieren zu können, werden auch die effektiven modalen Massen berechnet und ausgegeben. Mit den nun bekannten Erdbeben-Ersatzlasten und Verschiebungen sowie den vorgegebenen Geschoßhöhen (i.e. Elementlängen) werden die Schnittgrößen in jeder Eigenform und deren SRSS- und CQC-Überlagerungen ermittelt.

Eingabe:

- Eingabedateien:
 - *Inputdatei_1*: Nachgiebigkeitsmatrix des Systems in [m/N] bzw. [1/Nm]. Sie wird im Programm unter Variable *H* eingelesen.
 - *Inputdatei_2*: Massenmatrix des Systems in [kg] bzw. [kgm²], im Programm unter Variable *M* eingelesen.
 - *Inputdatei_3*: Antwortspektrum (im Programm unter Matrix *Spektrum* eingelesen):
 - Spalte 1: Vektor der Eigenschwingzeiten: *T_S_acc* [s];
 - Spalte 2: Spektrale Beschleunigung: *S_acc* [m/s²];
 - *Inputdatei_4*: Topologievektor *I*. Dieser Vektor, der aus „1“ oder „0“- Einträgen besteht, zeigt welche Freiheitsgrade von der Fußpunktbeschleunigung betroffen sind.
 - *Inputdatei_5*: Höhenvektor *hs* [m]. Dieser Vektorenthält die höhen der Stababschnitte (Geschoßhöhen). Der Vektor ist so zu definieren, dass der erste Eintrag der Höhe des untersten Geschoßes und der letzte Eintrag der obersten Geschoßhöhe entsprechen.
- Eingaben im Quellcode:
 - Dämpfungsmaß (angenommen gleich für alle Eigenformen): *xi* [-];

Ausgabe:

- *Outputdatei_1*:
 - Bestätigung der Eingaben;
 - Anzahl der Freiheitsgrade: *n* [-];
 - Steifigkeitsmatrix: *K* ([N/m], [Nm]);
 - Vektor der Eigenkreisfrequenzen: *Omega* [1/s];
 - Vektor der Eigenfrequenzen: *Freq* [Hz];
 - Vektor der Eigenschwingzeiten: *T* [s];
 - Vektor der Spektralbeschleunigungen bei den Eigenschwingzeiten: *S_a* [m/s²];
 - Normierte Eigenformmatrix *A* [-]. Das Programm bietet drei Normierungsansätze an: auf das betragsgrößte Element, bezüglich der generalisierten Masse oder mit dem Wurzel-Ansatz.
 - Modale Steifigkeiten: *K_mod* [N/m] bzw. [Nm];
 - Modale Massen: *M_mod* [kg] bzw. [kgm²];

- Beteiligungsfaktoren: L [kg] bzw. $[\text{kgm}^2]$;
- Ersatzmassen: me [kg] bzw. $[\text{kgm}^2]$;
- Ersatzmassenfaktoren: eps [-];
- Erdbebenersatzlasten für jede Eigenform und Freiheitsgrad: $H_{E_{kj}}$ [N];
- Verschiebung jedes Freiheitsgrads in jeder Eigenform: u [m];
- SRSS-Überlagerung der Verschiebungen: u_{srss} [m];
- CQC-Überlagerung der Verschiebungen: u_{cqc} [m];
- Biegemomentverlauf in jeder Eigenform: Mb [Nm];
- SRSS-Überlagerung des Biegemomentes: M_{srss} [Nm];
- CQC-Überlagerung des Biegemomentes: M_{cqc} [Nm];
- Querkraftverlauf in jeder Eigenform: Q [N];
- SRSS-Überlagerung der Querkraft: Q_{srss} [N];
- CQC-Überlagerung der Querkraft: Q_{cqc} [N].

Hinweis:

- 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.
- Zur richtigen Berechnung und Darstellung der Schnittgrößen sind die Matrizen und Vektoren von unten nach oben zu definieren. Dass heißt, dass die erste Spalte der Matrizen bzw. der erste Vektoreintrag dem untersten Freiheitsgrad bzw. Element (bei den Geschoßhöhen) entspricht.

Vordefiniertes Beispiel: Der im Abschn. 4.9.5.3.5 behandelte einseitig starr eingespannte Stab mit zwei Punktmassen, der durch ein Erdbeben gemäß dem Rechenbeispiel (dreistöckiger Rahmen) im Abschn. 13.4.3 angeregt wird.