جامعة دمشق
المعهد العالي للبحوث والدراسات الزلزالية

ديناميك المنشآت

Lec.04-1
ONLINE

Single Degree of Freedom (SDOF)
(Response to Harmonic Excitation)

د.م. ريم الصحناوي

E-mail: reemsalman_seh@Hotmail.com

المحاضرة الأولى الكترونياُ:

هذه المحاضرة *مسجلة صوتياً* وهي تتمة لموضوع الاهتزاز الهارموني لجملة وحيدة درجة الحرية مع بعض الأمثلة المحلولة.

لأي استفسار أو سؤال بمضمون المحاضرة يرجى إرسال إيميل على البريد الالكتروني.

E-mail: reemsalman_seh@Hotmail.com

ملاحظة: جميع المحاضرات التي سبقت هذه المحاضرة تم إعطاؤها تدريجياً خلال المحاضرات المدرسة.

مثال 1:

جملة وحيدة درجة الحرية خاضعة لإهتزاز هارموني. تنتقل الجملة بسعة انتقال U0 .
أوجد نسبة التخامد للجملة في حالة:

1- من أجل $\omega = \omega_n$ ، $u_o = 12.5cm$

2- من أجل $\omega = 5\omega_n$ ، $u_o = 0.05cm$

الحل 1:

Case 1:

At $\omega = \omega_n$,

$$\frac{\omega}{\omega_n}=1 \Rightarrow \beta=1 \qquad \text{But when} \quad \beta=1 \Rightarrow R_d=\frac{1}{2\zeta}$$

$$R_d=\frac{1}{2\zeta} \rightarrow \frac{u_0}{(u_{st})_0}=\frac{1}{2\zeta} \rightarrow u_0=\frac{(u_{st})_0}{2\zeta} \rightarrow 0.125=\frac{(u_{st})_0}{2\zeta}$$

$$\rightarrow \zeta=\frac{(u_{st})_0}{0.25}$$

Case 2:

At $\omega = 5\omega_n$,

$$\Rightarrow \frac{\omega}{\omega_n}=5 \Rightarrow \beta=5 \qquad \text{When} \quad \beta>4 \Rightarrow R_d=\frac{1}{\beta^2} \Rightarrow R_d=\frac{1}{25}$$

$$R_d=\frac{1}{25} \rightarrow \frac{u_0}{(u_{st})_0}=\frac{1}{25} \rightarrow u_0=\frac{(u_{st})_0}{25} \rightarrow 0.0005=\frac{(u_{st})_0}{25}$$

$$\rightarrow (u_{st})_0=0.0125m$$

$$\rightarrow \zeta=\frac{(u_{st})_0}{0.25}=\frac{0.0125}{0.25}=0.05$$

مثال 2:

جملة وحيدة درجة الحرية غير متخامدة ذو قساوة k وكتلة m وتردد طبيعي ω_n. تم إخضاع الجملة لإهتزاز هارموني لتحديد هذه الخواص الديناميكية للجملة. بتطبيق تواتر قسري للاهتزاز بمقدار 5Hz، ازدادت قيمة الاستجابة بشكل غير محدود (شروط الطنين).

وبعد ذلك، تم إضافة وزن بمقدار $\Delta w = 40N$ إلى الكتلة m وتم إعادة تجربة الطنين. حدث الطنين في هذه الحالة عند تواتر قسري مقداره $f = 2.5\ Hz$.

أوجد كتلة وقساوة الجملة.

الحل 2:

شروط الطنين $\beta = 1 \Rightarrow \omega = \omega_n$

Case 1 (طنين):

$\beta = 1 \Rightarrow \omega = \omega_n$ $\quad f = \frac{\omega}{2\pi} \Rightarrow \omega = 2\pi f$ $\quad \rightarrow \quad \omega = 2\pi \times 5 = 10\pi \ rad/sec$

$$\rightarrow \quad \omega = \omega_n = 10\pi \ rad/\sec \ \rightarrow \sqrt{\frac{k}{m}} = 10\pi \quad \rightarrow k = 100\pi^2 \cdot m$$

Case 2:

$$\Delta W = 40N \quad \rightarrow \quad m_{new} = m + \frac{40}{9.81} = m + 4.08$$

$\beta = 1 \Rightarrow \omega = \omega_n$ $\quad \rightarrow \quad \omega = 2\pi f = 2\pi \times 2.5 = 5\pi \ rad/sec$

$$\rightarrow \quad \omega = \omega_n = 5\pi \ rad/\sec \ \rightarrow \sqrt{\frac{k}{m + 4.08}} = 5\pi \quad \rightarrow k = 25\pi^2 \cdot m + 100\pi^2$$

$$Thus \ : 100\pi^2 \cdot m = 25\pi^2 \cdot m + 100\pi^2 \quad \rightarrow \quad m = 1.33kg \quad \rightarrow \quad k = 133.33\pi^2 \ \text{N/m}$$

مثال 3:

تم إثارة جملة وحيدة درجة الحرية بقوة جيبية. قيست قيمة سعة الانتقال في حالة الطنين وكانت مساوية ل 10cm.وعندما وصلت قيمة التردد القسري إلى عشر قيمة التردد الطبيعي، كانت سعة الانتقال مساوية ل 1cm.

أوجد نسبة التخامد للجملة.

الحل 3:

A resonant condition:

$$\beta = 1 \Rightarrow \omega = \omega_n \qquad R_d = \frac{1}{2\zeta}$$

Case 1 (Resonant):

$$R_d = \frac{1}{2\zeta} \rightarrow u_0 = \frac{(u_{st})_0}{2\zeta} \rightarrow 0.1 = \frac{(u_{st})_0}{2\zeta}$$

$$\rightarrow \boldsymbol{\zeta = \frac{(u_{st})_0}{0.2}}$$

Case 2:

$$\omega = \frac{1}{10}\,\omega_n \rightarrow \beta = 0.1 \rightarrow R_d \approx 1 \rightarrow u_0 = (u_{st})_0 \rightarrow (u_{st})_0 = 0.01m$$

$$\rightarrow \boldsymbol{\zeta = \frac{(u_{st})_0}{0.2} = \frac{0.01}{0.2} = 0.05 < 20\%}$$

مثال 4:

بإجراء تجربة اهتزاز قسري بإثارة هارمونية، تم ملاحظة أن سعة الحركة عند الطنين مساوية ل أربع أضعاف سعة الحركة عند تردد قسري أكبر ب 20% من تردد الطنين. أوجد نسبة التخامد للجملة.

الحل 4:

A resonant condition:

$$\beta = 1 \Rightarrow \omega = \omega_n \quad R_d = \frac{1}{2\zeta}$$

$$(u_o)_{\omega=\omega_n} = 4(u_o)_{\omega=1.2\omega_n}$$

Case 1 (Resonant):

$$R_d = \frac{1}{2\zeta} \rightarrow (u_0)_{\omega=\omega_n} = \frac{(u_{st})_0}{2\zeta}$$

Case 2:

$\omega = 1.2\ \omega_n \rightarrow \beta = 1.2 \rightarrow$

$$R_d = \frac{1}{\sqrt{\left(1-\beta^2\right)^2 + \left(2\zeta\beta\right)^2}} \Rightarrow (u_o)_{\omega=1.2\omega_n} = \frac{(u_{st})_o}{\sqrt{193.6\times10^{-3} + 5.76\zeta^2}}$$

$$\Rightarrow \frac{(u_{st})_o}{2\zeta} = 4\frac{(u_{st})_o}{\sqrt{193.6\times10^{-3} + 5.76\zeta^2}} \Rightarrow \frac{1}{\zeta} = 8\frac{1}{\sqrt{193.6\times10^{-3} + 5.76\zeta^2}} \Rightarrow \zeta = 0.0576$$