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.

الاهتزاز الهارموني لجمل ذو تخامد لزج:

الإزاحة العظمى وفرق الصفحة:

التشوهات المستقرة للجملة الخاضعة لإهتزاز هارموني:

$$u(t) = u_o \sin(\omega t - \phi) = (u_{st})_o R_d \sin(\omega t - \phi)$$

من أجل سعة إستجابة $u_o = \sqrt{C^2 + D^2}$ وفرق الصفحة $\text{D.}\emptyset = \tan^{-1}(-D/C)$
بالتعويض بقيم C و D نحصل على معامل استجابة التشوه R_d.

معامل استجابة التشوه

$$R_d = \frac{u_o}{(u_{st})_o} = \frac{1}{\sqrt{[1-(\omega/\omega_n)^2]^2 + [2\zeta(\omega/\omega_n)]^2}}$$

زاوية الصفحة أو فرق الصفحة

$$\phi = \tan^{-1}\frac{2\zeta(\omega/\omega_n)}{1-(\omega/\omega_n)^2}$$

$$u(t) = (u_{st})_0 R_d \sin(\omega t - \emptyset)$$

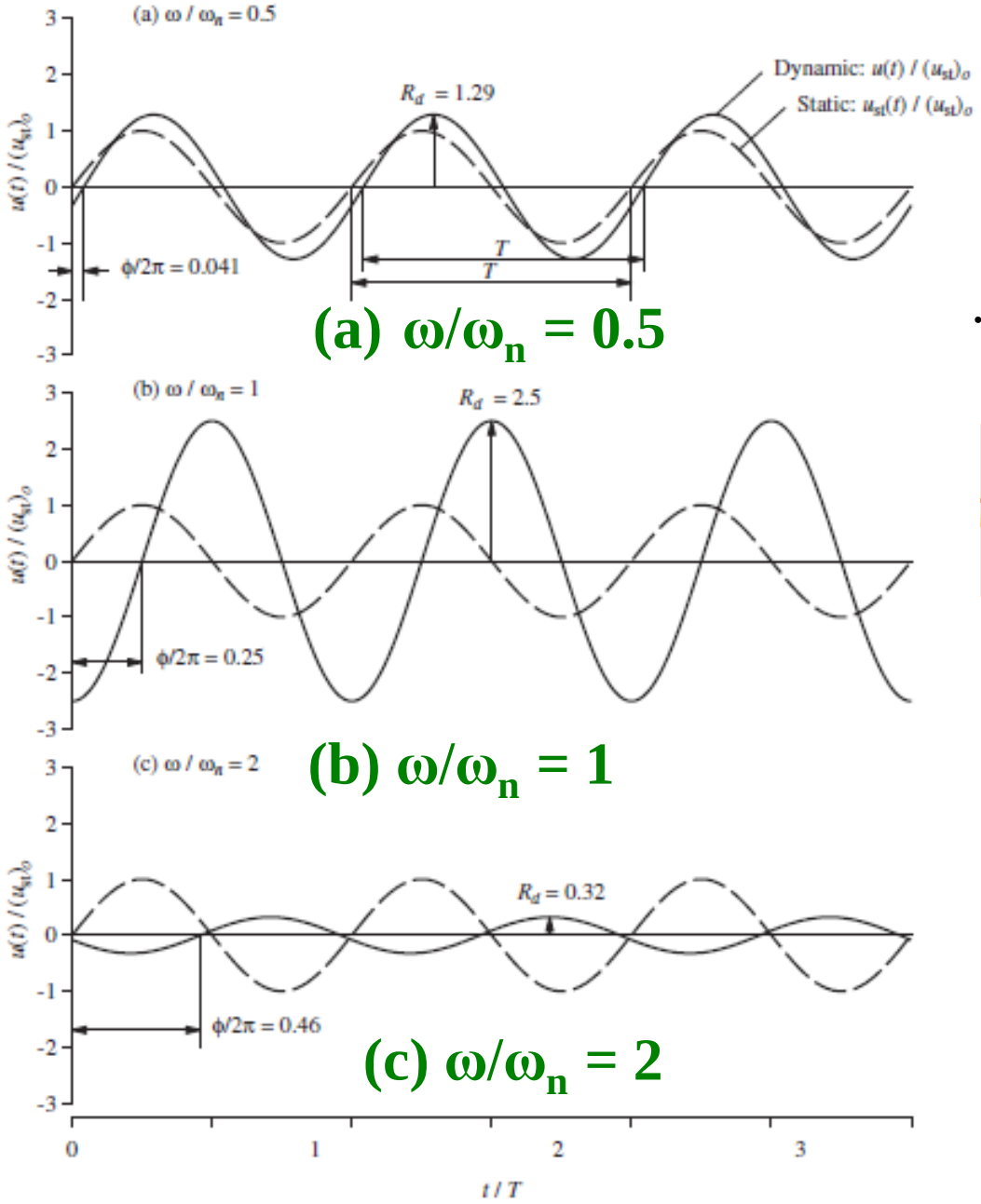
الاهتزاز الهارموني لجمل ذو تخامد لزج:

الإزاحة العظمى وفرق الصفحة:

- ✓ لجميع المخططات: $\zeta = 0.20$
- ✓ التشوهات الستاتيكية الناتجة عن p(t). (الخط المنقط)

$$u_{st}(t) = \frac{p(t)}{k} = \frac{p_o \sin(\omega t)}{k}$$

- ✓ الدور القسري للحركة المستقرة $T = 2\pi/\omega$، ولكن فرق الصفحة $\text{lag} = \emptyset/2\pi$



$$u(t) = (u_{st})_0 R_d \sin(\omega t - \emptyset)$$

الاهتزاز الهارموني لجمل ذو تخامد لزج:

الإزاحة العظمى وفرق الصفحة:

منحني الإستجابة – التردد:

معامل استجابة التشوه R_d

1. من أجل $\omega/\omega_n \ll 1$:

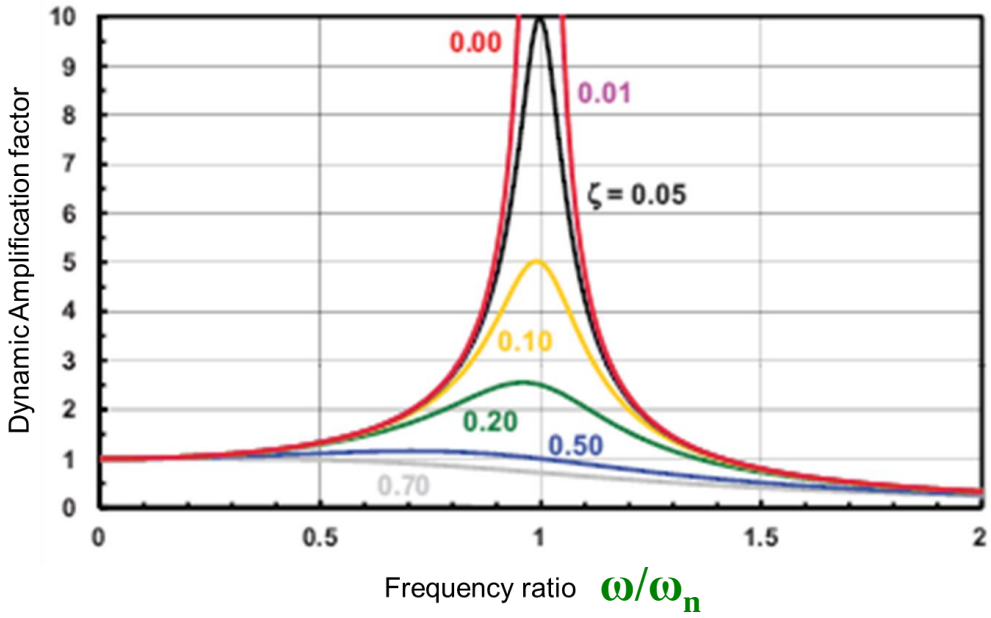
Rd أكبر بقليل من 1 ومستقل عن التخامد.

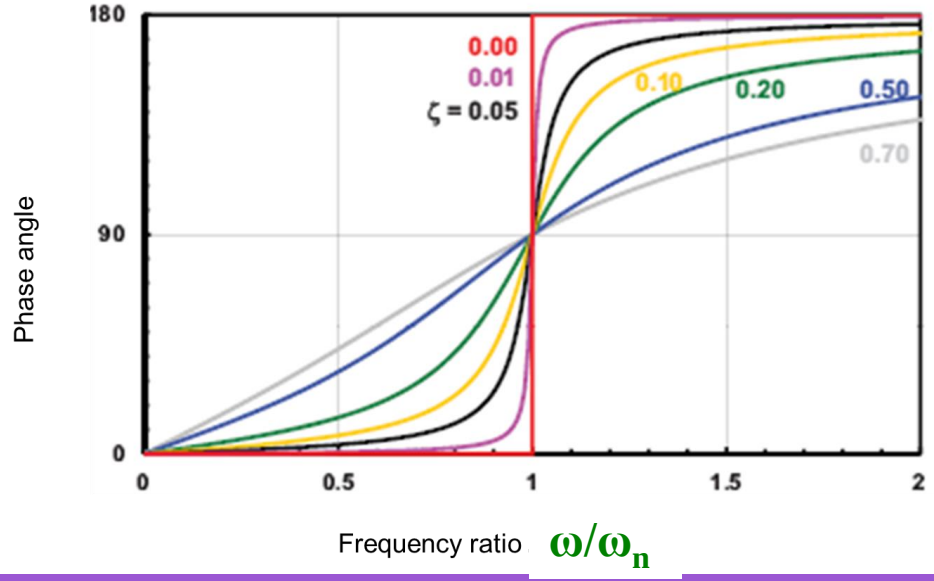
وبالتالي: $u_o \simeq (u_{st})_o = \frac{p_o}{k}$

$\phi = 0^\circ$ والإنتقالات متوافقة بالصفحة مع القوة المطبقة.

ومنه نستنتج أن:

سعة الإستجابة الديناميكية تساوي إلى التشوه الستاتيكي وتتعلق بقساوة المنشأ.





$$u(t) = (u_{st})_0 R_d \sin(\omega t - \emptyset)$$

الاهتزاز الهارموني لجمل ذو تخامد لزج:

الإزاحة العظمى وفرق الصفحة:

منحني الإستجابة – التردد:

معامل استجابة التشوه R_d

2. من أجل $\omega/\omega_n \gg 1$:

Rd تسعى للصفر بزيادة النسبة ω/ω_n وهي غير مرتبطة بالتخامد بشكل أساسي.

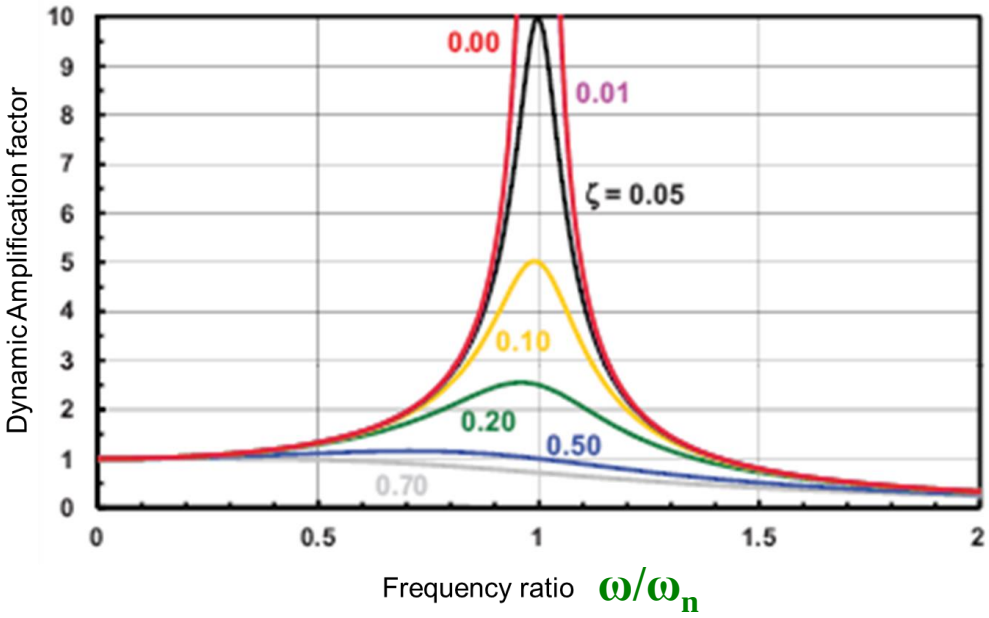
من أجل القيم الكبيرة ل ω/ω_n : يمكن للحد $\left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)^4$ أن يتم تقريبه، وبالتالي:

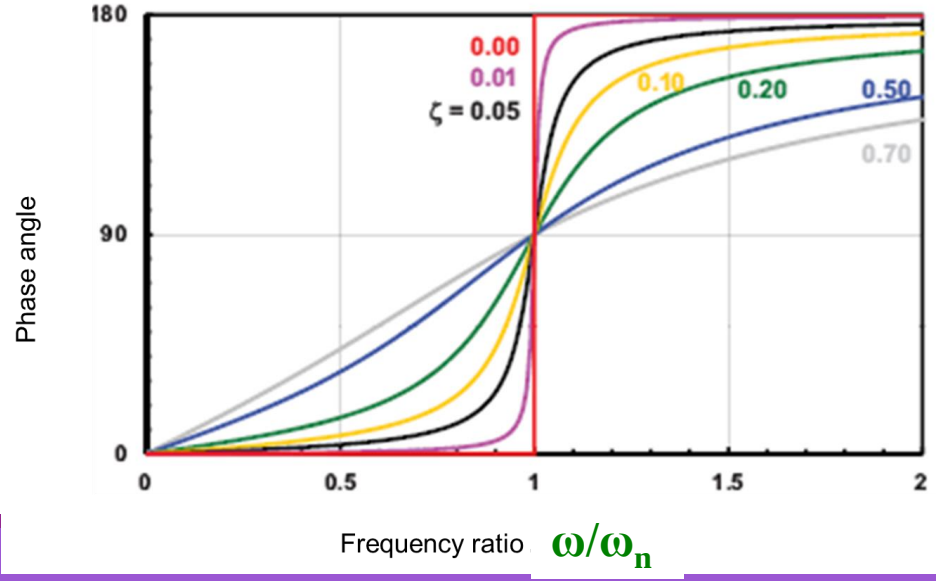
$$u_o \simeq (u_{st})_o \frac{\omega_n^2}{\omega^2} = \frac{p_o}{m\omega^2}$$

$\phi \approx 0^\circ$ والإنتقالات غيرمتوافقة بالصفحة مع القوة المطبقة.

ومنه نستنتج أن:

الإستجابة تتعلق بكتلة المنشأ.





$$u(t) = (u_{st})_0 R_d \sin(\omega t - \emptyset)$$

الاهتزاز الهارموني لجمل ذو تخامد لزج:

الإزاحة العظمى وفرق الصفحة:

منحني الإستجابة – التردد:

معامل استجابة التشوه R_d

3. من أجل $\omega/\omega_n \approx 1$:

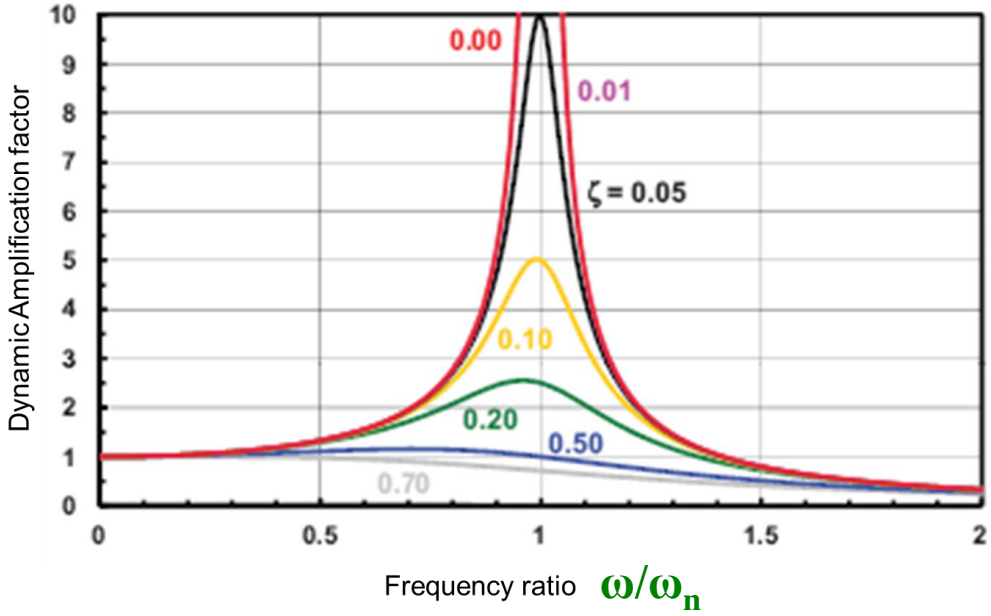
Rd حساس جداً للتخامد.من أجل تخامد صغير: $R_d \gg 1$ وذلك يؤدي إلى استجابة ديناميكية أكبر بكثير من الإستجابة الستاتيكية.

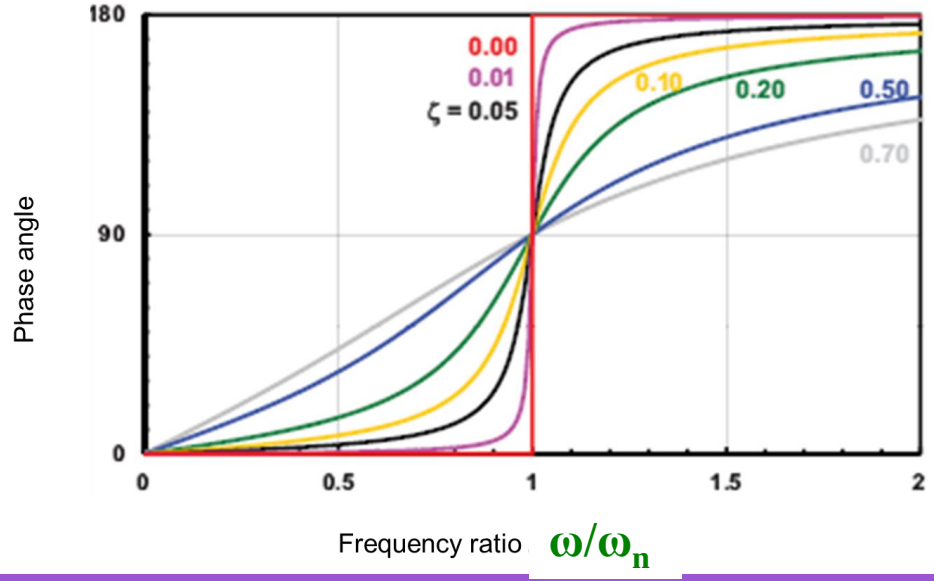
$$u_o = \frac{(u_{st})_o}{2\zeta} = \frac{p_o}{c\omega_n}$$

$\phi = 90^\circ$ من اجل كل قيم ζ، وتصل الإنتقالات لقيمتها العظمى عندما تمر القوة المطبقة من الصفر.

ومنه نستنتج أن:

الإستجابة الديناميكية تتعلق بتخامد المنشأ.





الاهتزاز الهارموني لجمل ذو تخامد لزج:

معاملات الاستجابة الديناميكية:

$$u(t) = (u_{st})_0 R_d \sin(\omega t - \emptyset)$$

1. معامل استجابة الإنتقال (التشوه):

$$R_d = \frac{u_0}{\frac{P_0}{k}} = \frac{1}{\sqrt{(1-\beta^2)^2+(2\zeta\beta)^2}}$$

يعرف تردد الطنين بالتردد القسري عندما تكون سعة الإستجابة أعظمية

$$\beta = \sqrt{1-2\zeta^2} \quad \Rightarrow \quad R_d = \frac{1}{2\zeta\sqrt{1-\zeta^2}}$$

الاهتزاز الهارموني لجمل ذو تخامد لزج:

معاملات الاستجابة الديناميكية:

$$u(t) = (u_{st})_0 R_d \sin(\omega t - \emptyset)$$

2. معامل استجابة السرعة:

$$\frac{\dot{u}(t)}{p_o/\sqrt{km}} = R_v \cos(\omega t - \phi) \qquad : R_v = \frac{\dot{u}_0}{\frac{P_0}{\sqrt{km}}} = \beta R_d$$

يعرف تردد الطنين بالتردد القسري عندما تكون سعة الإستجابة أعظمية

$$\beta = 1 \quad \Rightarrow \quad R_v = \frac{1}{2\zeta}$$

الاهتزاز الهارموني لجمل ذو تخامد لزج:

معاملات الاستجابة الديناميكية:

$$u(t) = (u_{st})_0 R_d \sin(\omega t - \emptyset)$$

3. معامل استجابة التسارع:

$$\frac{\ddot{u}(t)}{p_o/m} = -R_a \sin(\omega t - \phi)$$

$$: R_a = \frac{\ddot{u}_0}{\frac{P_0}{m}} = \beta^2 R_d$$

يعرف تردد الطنين بالتردد القسري عندما تكون سعة الإستجابة أعظمية

$$\beta = \frac{1}{\sqrt{1-2\zeta^2}} \quad \Rightarrow \quad R_a = \frac{1}{2\zeta\sqrt{1-\zeta^2}}$$

الاهتزاز الهارموني لجمل ذو تخامد لزج:

معاملات الاستجابة الديناميكية:

$$u(t) = (u_{st})_0 R_d \sin(\omega t - \emptyset)$$

العلاقة بين معاملات الإستجابة الديناميكية:

$$\frac{R_a}{\beta} = R_v = \beta R_d$$

معاملات الإستجابة الديناميكية في حالة الطنين:

$$R_d = R_v = R_a = \frac{1}{2\zeta}$$