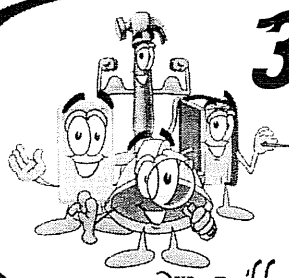


3

هيدروليك (3)
- عملي -
المحاضرة "7"

الدكتور: عبد علي
عدد الصفحات: ١٥
التاريخ: 2013/11/12

عباقرة الهندسة المدنية

We Build your Life

الجزء الثاني: المطرقة المائية

المطرقة المائية: هي ظاهرة حدث في الانابيب المائية نتيجة توقف مفاجئ لعمل المضخة أو اغلاقه صمام (سكر) الانبوب يشكل مفاجئ.

- عندما يتوقف المضخة عن العمل بشكل مفاجئ، حدث اضطراب داخل الانبوب ينتقل بسرعة (c) ويرافق هذا الاضطراب تغير في الضغط (Δp) وتغير في الضاغط (ΔH) ويكون هذا التغير ناشئ عن هذه الظاهرة وعلاوة" ما تتفجر الأنابيب البيزومترية نتيجة لذلك.

- ان الانتقال الذي حدث يكون على شكل موجة ضغط وتكون سرعة هذا الاشتشار هي (c)

t_c زمن اغلاق السكر

$t_c < \frac{2L}{c}$	$t_c > \frac{2L}{c}$
اغلاق السكر سريع	اغلاق السكر بطيء

c: سرعة انتشار موجة الضغط

L: طول الناقل (الانبوب)

$$t = \frac{2L}{c}$$

ملاحظات :

① اذا كان زمن اغلاق الصمام (أي) السريع :

نطبق علاقة جوكوفسكي :

$\Delta p = c \cdot \rho \cdot V_0$ التغير في الضغط

c : سرعة انتشار موجة الضغط

ρ : الكتلة النوعية للسائل

V_0 : سرعة السائل الجريان

$\Delta H = -\frac{c \cdot \Delta V}{g} = -\frac{\Delta p}{\rho g}$

② اذا كان زمن اغلاق الصمام بطيء :

$\Delta p = \frac{2L}{t_c} \cdot \rho \cdot V_0$ التغير في الضغط

$\Delta H' = \frac{t}{t_c} \Delta H$ الارتفاع الاعظمي الناشئ عن الطرقة الاغلاق الآني

في حال الاغلاق البطيء

c حسب : $\Delta H' = \frac{2L}{t_c} \frac{V_0}{g}$

① اذا كان الناقل صلب (غير قابل للتشوه)

$c = \sqrt{\frac{k}{\rho}}$

② اذا كان الناقل مرن (قابل للتشوه)

$c = \sqrt{\frac{\frac{k}{\rho}}{1 + \frac{D}{e} \times \frac{k}{E}}}$

k : معامل الانضغاطية للسائل (N/m^2)

ρ : الكتلة النوعية (kg/m^3)

e : سماكة جدران الناقل (m)

E : معامل المرونة (N/m^2)

D : قطر الناقل (m)

مسألة ① ص 239 غير محلولة (مسألة امتحانية)

يجري ماء في أنبوب معدني بسرعة $V_o = 2\ m/s$ ، المطلوب :

1- احسب سرعة انتقال موجة الضغط المتشكلة نتيجة الاغلاق الآني لصمام الموجود في نهاية الأنبوب

2- قيمة الزيادة في الضغط الناتج (ΔP) وذلك باعتبار الماء مرن

معامل الانضغاطية $k = 2 \times 10^9\ N/m^2$

الحل :

بما أن الماء مرن حسب سرعة انتقال موجة الضغط من العلاقة :

① $$c = \sqrt{\frac{k}{\rho}}$$

ρ للماء $1000\ kg/m^3$ لا يحفظ بهذه المسألة عادة

$$= \sqrt{\frac{2 \times 10^9}{1000}}$$

$$c = 1414.21\ m/sec$$

بما أن الاغلاق (آني) سريع حسب من العلاقة

② $$\Delta p = \rho . V_o . c$$

$$\Delta p = 2.8 \times 10^6\ N/m^2$$

$$= 2.8 \times 10^3\ K\ pascal$$

عادة يضرب بالبار أو الباسكال

حيث أن :

$$1\ Bar = 10^5\ N/m^2$$

$$= 10^5\ pascal$$

مسألة (2) ص 239 عز طلوب

نعوض المسألة السابقة باعتبار الناقل غير مرن

$$\frac{D}{E} = 100 \quad , \quad \frac{k}{E} = 0.01$$

علماً أن الناقل غير مرن (مرن)

$$c = \sqrt{\frac{\frac{k}{\rho}}{1 + \frac{D}{e} * \frac{k}{E}}}$$

$$c = \sqrt{\frac{2 \times 10^9 \times 10^{-3}}{1 + 100 \times 0.01}} = 10^3 \ m/sec$$

ملاحظة:

تكون السرعة في الناقل المرن أكبر منها في الناقل المرن

وذلك لأن الناقل المرن قابل للتشوه مما يؤدي الى نقصان السرعة

$$\Delta p = \rho V_o c$$

$$\Delta p = 10^3 \times 2 \times 10^3 = 2 \times 10^6 \ N/m^2$$

$$= 2 \times 10^3 \ kpa$$

إضافة: - سبب الزيادة في إجهادات الشد الحاصلة في الناقل بتأثير انعكاس الموجة

- سبب التشوه الحاصل في جدران الأنبوب نتيجة انعكاس الموجة هو أن

$$E = 205 \times 10^9 \ N/m^2$$

- الزيادة في إجهادات الشد تحسب من العلاقة التالية:

$$\Delta \sigma = \frac{\Delta p \cdot D}{2e}$$

- التشوه حسب تأثير هوك

$$\varepsilon = \frac{\Delta \delta}{E}$$

$$\Rightarrow \varepsilon = \frac{\Delta p \times D}{2eE}$$

$$\Delta\delta = \frac{2\times10^{6}\times100}{2} = 10^{8}\ N/m^{2}$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta\delta}{E} = \frac{10^{8}}{205\times10^{9}}$$

$$\varepsilon = 4.88\times10^{-4}\ m$$

طلب اضافي أخر : احسب الزيادة في قطر الانبوب الحاصلة نتيجة انبعاثه اذكر بشكل آخر :

نعلم أن : $\varepsilon = \frac{\Delta r}{r}$

$\Rightarrow \Delta r = r \cdot \varepsilon$

ملاحظة :

اذا طُلب حساب الطلب السابق بدون طلبات سابقة عالية مباشرة

خطوات تنفيذ $\varepsilon = \frac{\Delta P \cdot D}{2e \cdot E}$

$$\Delta r = r \cdot \frac{\Delta P \cdot D}{2e \cdot E}$$

(ورد هذا في احدى الدورات)

الاسئلة السابقة كانت شاملة لكل الطلبات التي يمكن ورودها بالامتحان عن الناقل المرن .

المسألة (3) من محلولة.

أنبوب معدني قطره $D = 1.2\ m$, سماكة جداره $e = 10\ mm$

ينتقل الماء بسرعة $V_o = 1.8\ m/s$, طول الأنبوب $L = 3000\ m$

فهل يمكن إغلاق البوابة بزمن $t_c = 2.5\ sec$

المطلوب:

الزيادة المتوقعة في إجهادات الشد الناتجة في جدران الأنبوب

حيث $K = 2.13 \times 10^9\ N/m^2$

$E = 2.05 \times 10^9\ N/m^2$

ملاحظة: أحياناً لا يتم تحديد المادة التي الناقل أو جدارها من

ولكن يعطى E وهو معامل يتغير في قانون المرن حصراً

أو نعتبر أن الناقل من عندما يطلب الزيادة المتوقعة

والتي لا تحصل إلا بالناقل المرن.

الحل:

بما أن الناقل مرن:

$$C = \sqrt{\frac{\frac{K}{\rho}}{1 + \frac{D}{e} \times \frac{K}{E}}} = \sqrt{\frac{\frac{2.13 \times 10^9}{1000}}{1 + \frac{1.2}{10 \times 10^{-3}} \times \frac{2.13 \times 10^9}{2.05 \times 10^9}}}$$

$$= 973.65\ m/sec$$

$$t_c = \frac{2L}{C} = \frac{2 \times 3000}{973.65}$$

$$t_c = 6.16\ Sec$$

https://www.facebook.com/groups/Civil.Genuieses مكتبة عباقرة الهندسة المدنية

من الحل نستنتج :

$t_c < t_*$

زمن ذهاب الموجة < زمن اغلاق الصمام

وبالتالي

اغلاق سريع

علاقة جوكوفسكي $\Delta p = c \cdot \rho \cdot U_0$

$= 973.65 \times 10^3 \times 1.8$

$= 1.75 \times 10^6 \ N/m^2$

الزيادة في إجهادات الأنبوب $\Delta \sigma = \frac{\Delta p \cdot D}{2e} = \frac{1.75 \times 10^6 \times 1.2}{2 \times 10^{-2}}$

$= 105 \times 10^6 \ N/m^2$

ملاحظة : $\Delta p = 1.75 \times 10^6 \ N/m^2$

$= 1.75 \times 10^3 \ kpa$

$= 17.5 \ bar$

إضافي : سبب الزيادة في الضغط

$\Delta H = \frac{-c \Delta v}{g} = \frac{+\Delta p}{\rho \cdot g}$

$\Rightarrow \Delta H = \frac{1.75 \times 10^6}{1000 \times 9.81} = 178.39 \ m$

مسألة (4) و الأخيرة من محلولة ص 239 : (مسألة بسيطة)

انبوب معدني قطر D = 75 mm ينقل غليسرين

أغلق الصمام بشكل مفاجئ نتج عن ذلك ارتفاع

في الضغط قيمته $\Delta p = 7 Bar$. ما قيمة الزيادة المتوقعة ؟

اذا كانت $\rho_g = 1262 \ kg/m^3$

معامل المرونة الحجمية $k = 4.39 \times 10^9 \ N/m^2$

الحل :

$$c = \sqrt{\frac{k}{\rho}} = \sqrt{\frac{4.39 \times 10^9}{1262}}$$

$$= 1865.1 \ m/sec$$

$$\Delta p = \rho_g \ V_o \ . \ c$$

$$7 \times 10^5 = 1262 \times V_o \times 1865.1$$

$$\Rightarrow V_o = 0.3 \ m/sec$$

$$Q = V_o \times A$$

$$= 0.3 \times \frac{(75 \times 10^{-3})^2 \times \pi}{4}$$

$$= 1.3 \times 10^{-3} \ m/sec$$

ان لم يذكر نوع الناتل و لم يعطى أي شيء يدل عليه

أن الناتل مرن فنعتبره مثله

مسألة خارجية : (عن الرشح)

قناة مقطع شبه منحرف عرض قاع القناة $b = 3m$

ميل جوانب القناة $m = 1$ ، ارتفاع الماء في القناة $h = 2$

المطلوب :

١- حساب التصريف المفقود على واحدة الطول من القناة

اذا كانت $K = 10^{-4}\ m/s$

يوجد على عمق D طبقة نفوذة نتيجة وجود هذه الطبقة سوف يرتشح الماء الى هذه القناة مطلوب

حساب q ، Q

$$q = k \cdot B$$

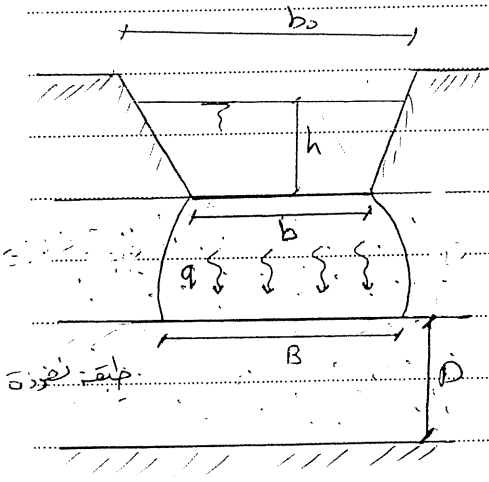
↓

(عرض الخط الرشح)

(عرض البئر الراشح)

$B \simeq b_o$ بعلاقة تجريبية تقريبية

b_o عرض السطح العلوي للماء



$$b_o = b + 2mh$$

$$= 3 + (2 \times 2)$$

$$= 7\ m$$

$$B = 7 + 2 + 2 = 11\ m$$

$$q = 10^{-4} \times 11$$

$$= 11 \times 10^{-4}\ m^3/sec.m'$$

$$Q = q \times L$$

$$Q = 10^{-4} \times 11 \times 3$$

$$= 3.3 \times 10^{-3}\ m^3/sec$$

الدرس القادم مذاكرة يوم الاربعاء الساعة (١ ← ٣) . انتهى

https://www.facebook.com/groups/Civil.Genuieses مكتبة عباقرة الهندسة المدنية

اضافي (وظيفة)

يجري الماء في أنبوب معدني في نهايته سكر تم إغلاق السكر بزمن قدره $t_c = 6 sec$ احسب باعتبار المقاطع:

① سرعة انتشار موجة الضغط c في الأنبوب

② الزيادة في الضغط والزيادة في الصاغة باستخدام جوكوفسكي علماً أن:

$V_0 = 2 m/sec$, $K = 10^9 N/m^2$

$e = 20 mm$, $\rho = 1000 Kg/m^3$

$L = 1000 m$, $D = 1,2 m$

$E = 2.5 * 10^9 N/m^2$