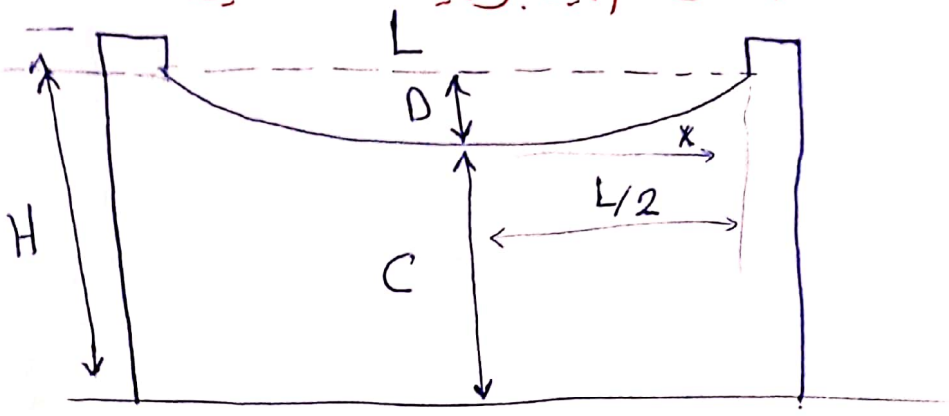
الترخيم فى خطوط النقل

* أولاً حساب الترخيم بين برجين متماثلين



لحساب الترخيم بين برجين متماثلين فى الارتفاع أو
خطة تعليق الموصل على نفس الارتفاع حيث

H ارتفاع خطة التعليق عن الارض L المسافة بين البرجين

D أقصى ترخيم c الخلوص بين الموصل والأرض عند
خطة أقصى ترخيم w_c وزن الموصل بـ كجم/متر

T الشد فى الموصل بـ كجم y أقصى ترخيم

$y = D$ عندما تكون خطة الارتفاع متساوية

حيث يكون أقصى ترخيم للموصل فى حالة أن البرجين بنفس
الارتفاع عند مسافة X

$X = L/2$

أى يكون أقصى ترخيم فى منتصف المسافة بين البرجين

$$y = \frac{w_c X^2}{2T}$$

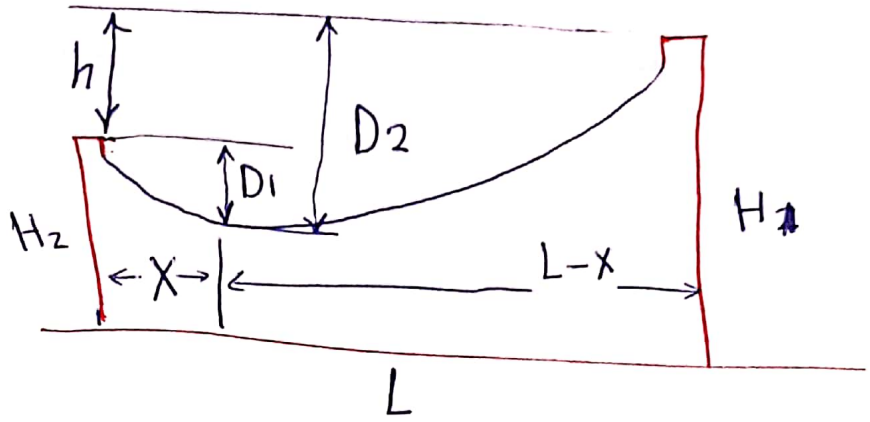
بالتعويض عن قيمة X

$$y = D = \frac{w_c L^2}{8T}$$

$$C = H - D$$

Scanned by CamScanner

* ثانياً حساب الترخيم بين برجين مختلفين في الارتفاع



حيث L طول الوتر أو المسافة بين البرجين

H_1, H_2 ارتفاع البرج h الفرق بين ارتفاع البرجين

X مسافة أقصى ترخيم للبرج القصير D_1 أقصى ترخيم بالنسبة للبرج القصير D_2 أقصى ترخيم بالنسبة للبرج الأعلى

C الحلوص بين الموجل والأرض

$\therefore D_2 = D_1 + h$

$$D_1 = \frac{w_c X^2}{2T} \quad , \quad D_2 = \frac{w_c (L-X)^2}{2T}$$

$$\frac{w_c (L-X)^2}{2T} = \frac{w_c X^2}{2T} + h$$

$$\frac{w_c * (L^2 - 2LX + X^2)}{2T} = \frac{w_c X^2 + 2Th}{2T}$$

$$w_c L^2 - 2 w_c L X + w_c X^2 = w_c X^2 + 2Th$$

$$w_c L^2 - 2Th = 2 w_c L X$$

$$X = \frac{w_c L^2 - 2Th}{2 w_c L}$$

Scanned by CamScanner

$$X = \frac{w_c L^2}{2 w_c k} - \frac{2Th}{2 w_c L}$$

$$\therefore X = \frac{L}{2} - \frac{Th}{w_c L}$$ وهذه هي النقطة أو المسافة

التي يحدث عندها أقصى ترخيم

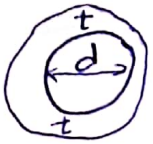
ويمكن حساب الترخيم في هذه الحالة

$$D_1 = \frac{w_c X^2}{2T} \quad , \quad D_2 = \frac{w_c (L-X)^2}{2T}$$

الفلوص $C = D_1 - D_2$ أو $= H_2 - D_1$

تأثير العوامل الجوية في حساب الترخيم

أولاً الثلج



d قطر الموصل

t سمك طبقة الثلج

حجم الثلج المتراكم لكل متر

$$V_i = \frac{\pi}{4}\left((d+2t)^2 - d^2\right) = \frac{\pi}{4}\left(d^2 + 4dt + 4t^2 - d^2\right)$$

$$V_i = \frac{\pi}{4}(d+t)\cdot 4t \quad \therefore V_i = \pi (d+t)\, t$$

وزن الثلج

$$w_i = \pi \rho (d+t).t$$

الثلج يأثر رأسياً في نفس اتجاه وزن الموصل

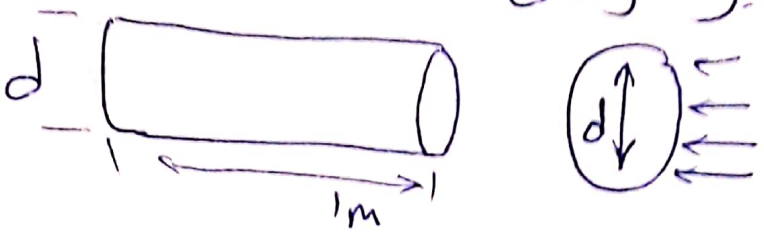
حيث الوزن المحصل

$$w_e = w_c + w_i$$

Scanned by CamScanner

وفي هذه الحالة تستبدل w_c بـ w_e في حالة الثلج
لحساب الترخيم في جميع القوانين

وفي حالة تأثير الرياح



قوة قهر الرياح على الموصل ويجب أن تؤخذ في الاعتبار عند حساب الترخيم

- المساحة المسقطة للموصل والتي تتعرض للرياح

$$A_p = d \cdot l \quad m^2$$

حساب قوة الرياح أو وزن الرياح

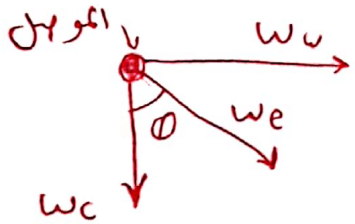
$$w_w = A_p \cdot P = d \cdot P \quad kg/m$$

حيث P ضغط الرياح

وتؤثر الرياح باتجاه أفقي على الموصل بينما يؤثر وزن الموصل رأسياً لأسفل

ويمكن حساب الوزن الكلي

$$w_T = \sqrt{w_c^2 + w_w^2}$$



ويتم استخدام هذا الوزن لحساب الترخيم

$$D_e = \frac{w_T L^2}{8T}$$

ويكون الترخيم مركبتين احداهما رأسي والأخر أفقي

Scanned by CamScanner

الترخيم الرأسي $D = De \cos \alpha$

الالتواء الأفقي $D_h = De \sin \alpha$

$$\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{w_w}{w_c}\right)$$

وفي حالة تعرض الخط لضغط رياح وثلوج معاً يجب اضافة وزن الثلج والرياح معاً

$$w_T = \sqrt{(w_c + w_i)^2 + w_w^2}$$

مثال خط نقل هوائي له البيانات الآتية

المسافة بين البرجين 275 m قطر الموصل 19.5 mm

وزن الموصل 0.85 kg/m الشد في الموصل 4000 kg

وارتفاع البرج 48 m

* P احسب الترخيم الرأسي ب- في حاله تعرض الخط لضغط رياح مقداره 39 kg/m² وكان سمك طبقة الثلوج المتراكمة 13 mm وكثافة الثلج 910 kg/m احسب الترخيم الرأسي والالتواء الأفقي في هذه الحالة.

P - الترخيم

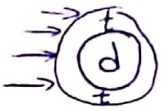
$$D = \frac{w_c L^2}{8T} = \frac{0.85 * 275^2}{8 * 400} = 2 \text{ m}$$

الخلوص $C = H - D = 48 - 2 = 46 \text{ m}$

Scanned by CamScanner

ب - حساب وزن الثلج

$$\omega_i = \pi \rho (d+t)t = \pi * 910 (19.5+13)*10^{-3} * 13*10^{-3} = 1.208 \text{ kg/m}$$



حساب وزن الرياح

$$A_p = (d+2t)*1 = (19.5+13*2)*10^{-3} = 0.0455 \text{ m}^2$$

$$\omega_w = A_p * P = 0.0455 * 39 = 1.77 \text{ kg/m}$$

حساب ~~المحصل~~ الوزن المحصل (الكلي)

$$\omega_T = \sqrt{(\omega_c+\omega_i)^2+\omega_w^2} = \sqrt{(0.85+1.208)^2+(1.77)^2} = 2.714 \text{ kg/m}$$

حساب الترخيم

$$De = \frac{\omega_T L^2}{8T} = \frac{2.714 * 275^2}{8*4000} = 6.414 \text{ m.}$$

$$\phi = \tan^{-1}\left(\frac{\omega_w}{\omega_c+\omega_i}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{1.77}{0.85+1.207}\right) = 40.71^\circ$$

$$D = De \cos\phi = 6.414 * \cos 40.71 = 4.86 \text{ m}$$

$$Dh = De \sin\phi = 6.414 * \sin 40.71 = 4.18 \text{ m}$$

في هذه الحالة يتم حساب الخلوص على أساس الترخيم الراسي

$$C = H - D = 48 - 4.86 = 43.14 \text{ m}$$

Scanned by CamScanner

حل خفس المثال السابق اذا علمت أن ارتفاع البرجين مختلفين ارتفاع البرج الأول 48m والثاني 55m

أولا نحسب المسافه X التي يحدث عندها أقصى ترخيم

$$h = H_1 - H_2 = 55 - 48 = 7\ m$$

$$X = \frac{L}{2} - \frac{Th}{w_c L} = \frac{275}{2} - \frac{4000 * 7}{0.85 * 275}$$

$$\therefore X = 17.71\ m$$

الترخيم بالنسبة للبرج القصير

$$D_1 = \frac{w_c\ X^2}{2T} = \frac{0.85 * 17.71^2}{2 * 4000} = 0.033\ m$$

الترخيم بالنسبة للبرج الأعلى

$$D_2 = \frac{w_c\ (L-X)^2}{2T} = \frac{0.85\ (275 - 17.71)^2}{2 * 4000}$$

$$D_2 = 7.033\ m$$

الخلوص بين الموصل والأرض

$$C = H_2 - D_1 = 48 - 0.033 = 47.967\ m$$

ثانياً في حالة الثلج والرياح

$$X = \frac{L}{2} - \frac{Th}{w_T L} = \frac{275}{2} - \frac{4000 * 7}{2.714 * 275}$$

$$X = 99.98\ m$$

Scanned by CamScanner

الترحيم بالنسبة للبرج القصير

$$D_1 = \frac{\omega_T X^2}{2T} = \frac{2.714 * 99.98^2}{2 * 4000}$$

$$D_1 = 3.4 \text{ m}$$

الترحيم الرأسي

$$D_V = D_1 \cos\varphi = 3.4 * \cos 40.71$$
$$= 2.58 \text{ m}$$

الالتواء الأفقي

$$D_h = D_1 \sin\varphi = 3.4 * \sin 40.71$$
$$= 2.22 \text{ m}$$

الخلوص بين الموصل والأرض

$$C = H_2 - D_V = 48 - 2.58 = 45.42 \text{ m}$$

Scanned by CamScanner