

2012

Highway Engineering

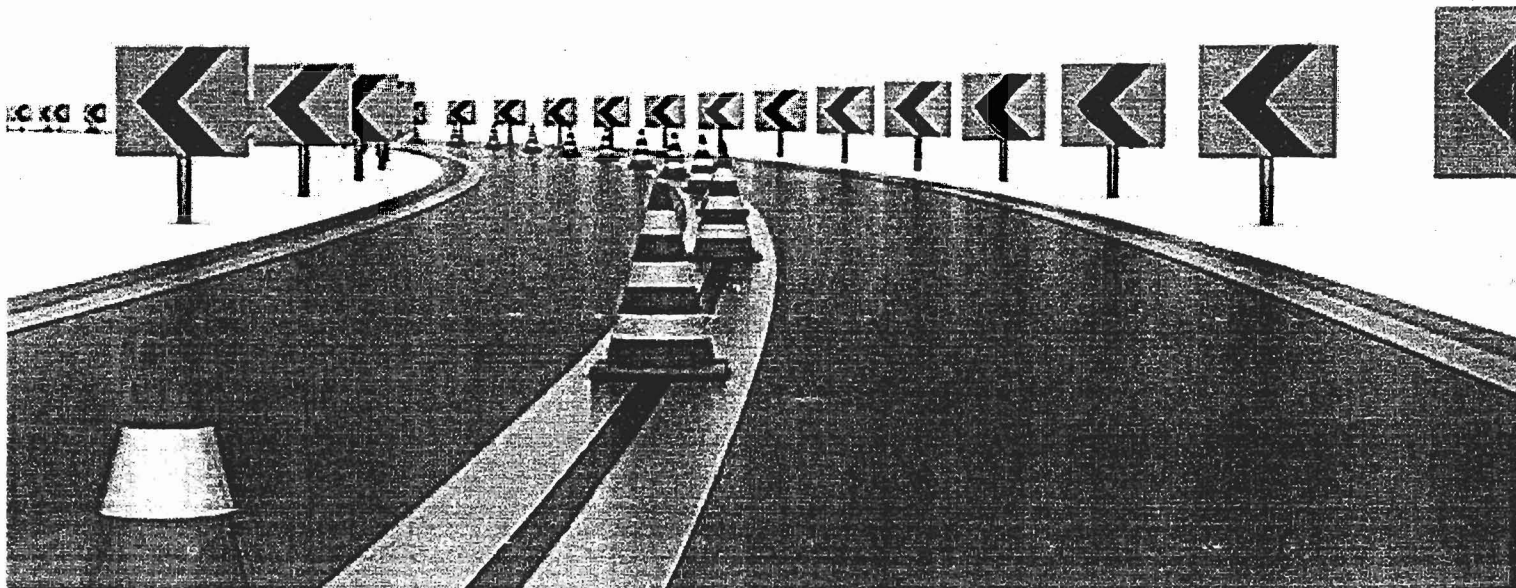
4th year Civil

8

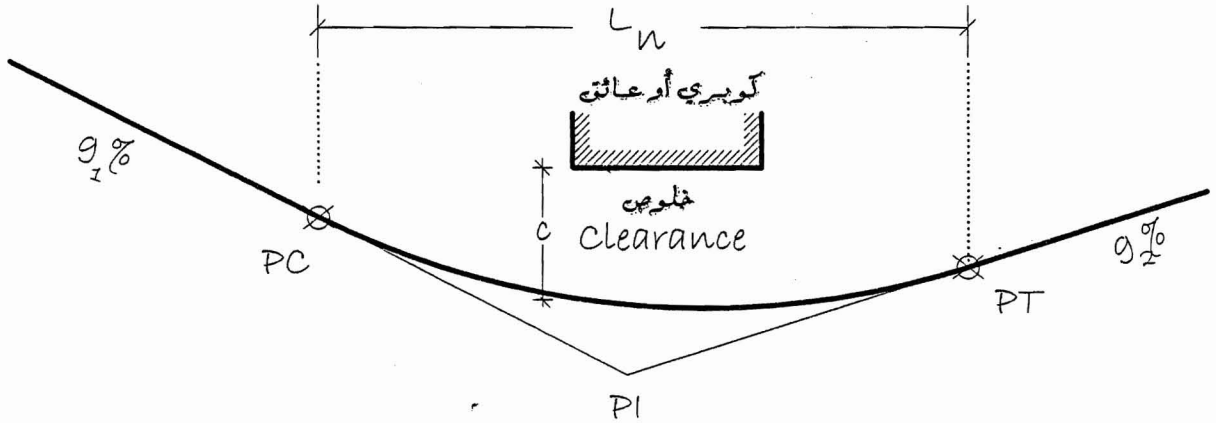
13.25

VERTICAL
ALIGNMENT (2)

16/5/2



حساب طول المنحني المقعر في حالة عبوره أسفل نقطة حاكمة .. كوبري



Assume $S_n < L_n$

$$L_n = \frac{A * S_n^2}{8 * \left(C - \frac{h_1 + h_2}{2} \right)}$$

لـ L_n النسبة من العادلة طلعت أكبر من S_n ← الفرض صحيح

لـ L_n النسبة من العادلة طلعت أقل من S_n ← نستخدم العادلة التالية

$\therefore S_n > L_n$

$$L_n = 2S_n - \frac{8 * \left(C - \frac{h_1 + h_2}{2} \right)}{A}$$

ملحوظة هامة

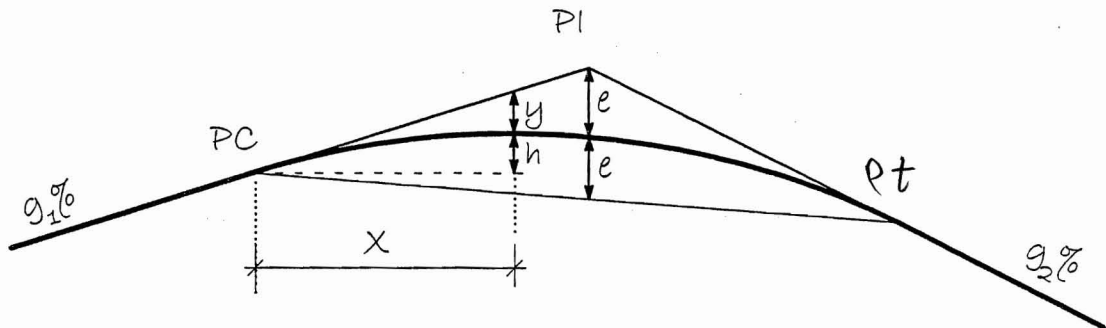
يتم حساب طول المنحني اللازم لتحقيق الخواص المطلوبة C من العادلات السابقة

يتم حساب طول المنحني اللازم للتوقف من العادلات المذكورة بالذكرة السابقة

يؤخذ طول المنحني الأكبر منهما

إحداثيات أعلى أو أوطي نقطة

Critical Point Coordinates



$$h = g_1 x - y = g_1 x - 4e * \frac{x^2}{L^2}$$

For critical point $\rightarrow \frac{dh}{dx} = 0.0$

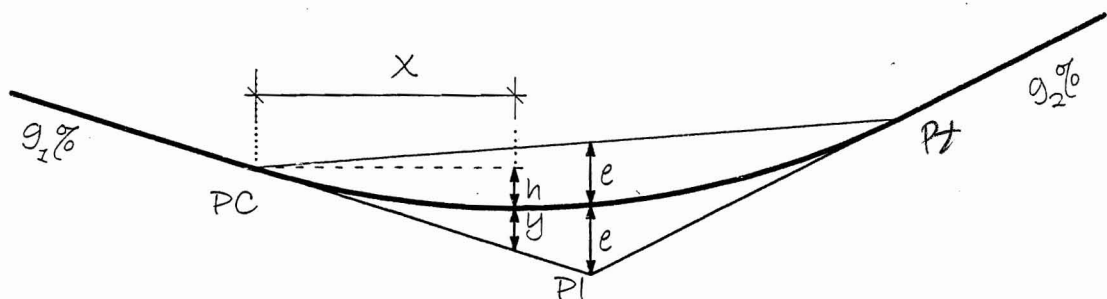
$$\frac{dh}{dx} = g_1 - 8e * \frac{x}{L^2} \quad \& \quad e = \frac{AL}{8}$$

\therefore For Highest Point (Summit Curve) :

$$x_{HP} = \frac{g_1 L}{A}$$

$$h_{HP} = \frac{g_1^2 L}{2A}$$

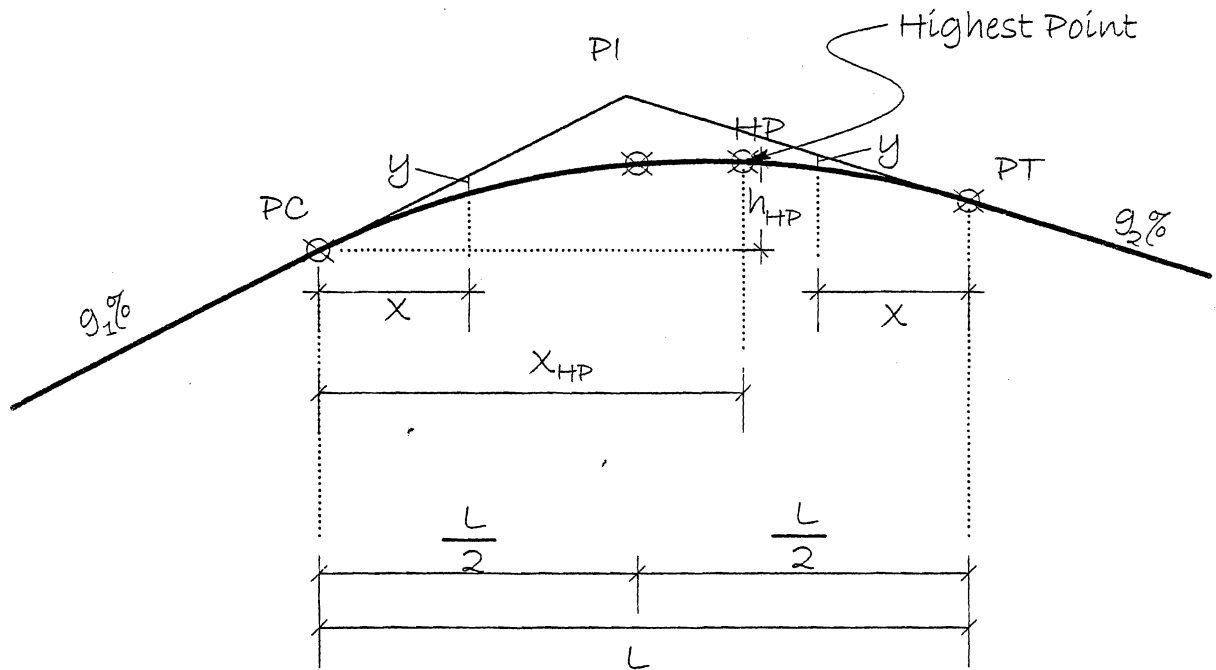
\therefore For Lowest Point (Sag Curve) :



$$x_{LP} = \frac{g_1 L}{A}$$

$$h_{LP} = \frac{g_1^2 L}{2A}$$

حساب الإحداثيات علي المنحني



$$e = \frac{AL}{8}$$

$$y = \frac{4e}{L^2} * x^2$$

For Highest Point :

$$x_{HP} = \frac{g_1 L}{A}$$

$$h_{HP} = \frac{g_1^2 L}{2A}$$

ملحوظات هامة

1] كافة الأبعاد الخاصة بالساعات تقاس أنقياساً وليس على النقيض أو على النالك

2] كافة الناسيب و الارتفاعات على النقيض تقاس رأسياً تماماً وليس على المماس

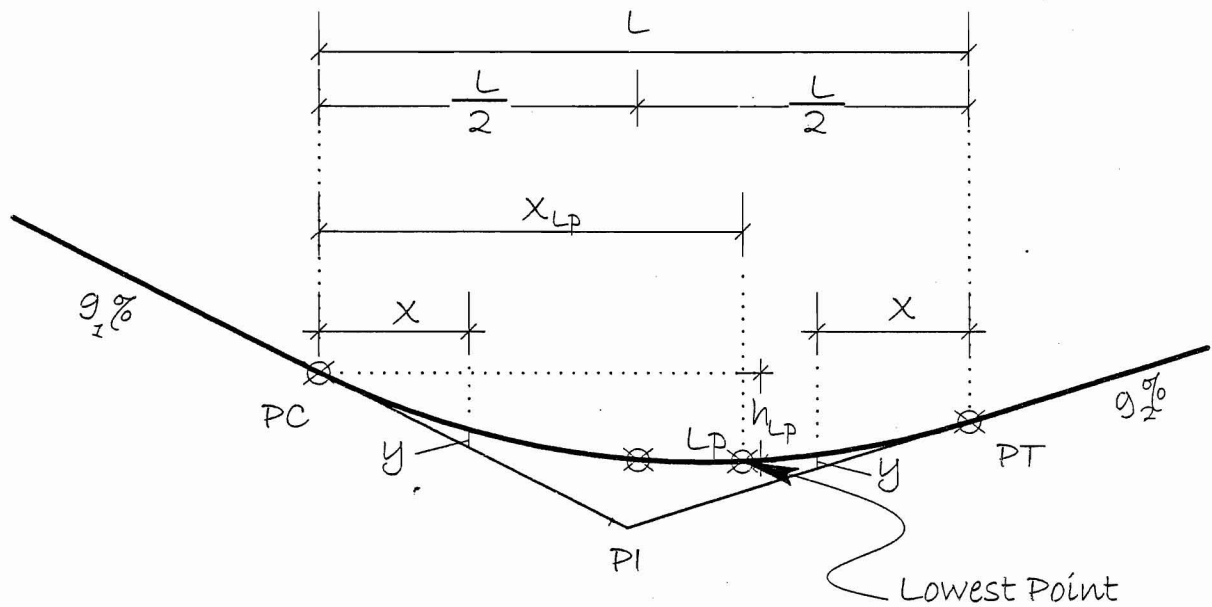
3] نقطة تقاطع الماسين تقسم النقيض إلى نصفين متساويين كك منهما $\frac{L}{2}$
دون النظر إلى اختلاف ميل الماسات

4] تساوي y لكل x متساوية على جانبي النقيض

5] تقع نقطة HP نامية إلى الـ الأقل

6] X_{HP} تقاس من النقطة التي استخدمت ميلها يعني من PC لو استخدمت g_1 ومن PT لو استخدمت g_2

بالنسبة للمنحني المقعر تظل المعادلات كما هي لا تختلف عن المنحني المحدب



$$e = \frac{AL}{8}$$

$$y = \frac{4e}{L^2} * x^2$$

For Lowest Point :

$$X_{LP} = \frac{g_1 L}{A}$$

$$h_{LP} = \frac{g_1^2 L}{2A}$$

المحطات Stations

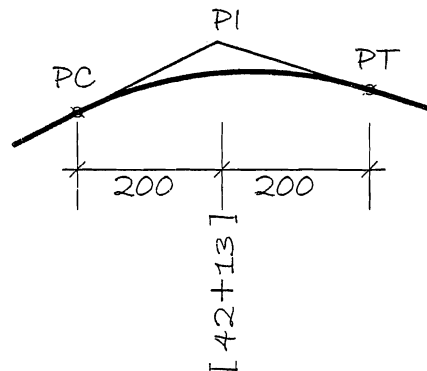
Elevation المحطات هي تسميات لطول النوني على الأفقي يتم إيجاد النسب عنها على النوني وذلك لتوزيعه على الطبيعة

Example : Find the station of PC, PT if you know that the station of point of intersection PI is [42+13] & the length of the curve = 400 ms.
(one station = 30 ms.)

Solution

$$200 \text{ m} = 6 \text{ stations} + 20 \text{ m}$$

يعني $= 6 * 30 \text{ m} + 20 \text{ m}$



$$\text{Sta. [PC]} = \text{Sta. [PI]} - \text{Sta. } \left[\frac{L}{2} \right]$$

$$= [42 + 13] - [6 + 20]$$

نبدأ بأكسور المحطات أولاً

ثم المحطات ثانياً

$$= [35 + 23]$$

$$\text{Sta. [PT]} = \text{Sta. [PI]} + \text{Sta. } \left[\frac{L}{2} \right]$$

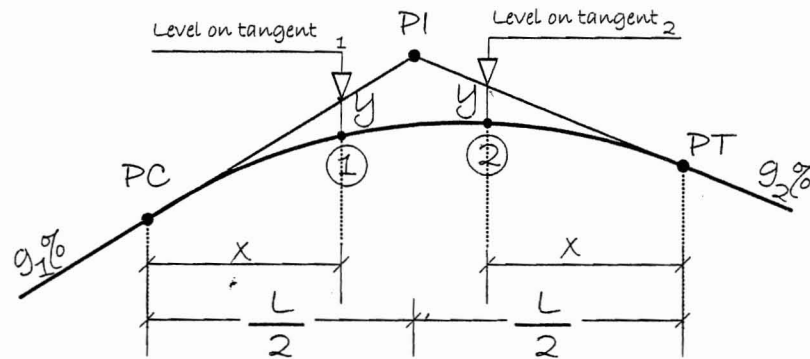
$$= [42 + 13] + [6 + 20]$$

$$= [49 + 03]$$

البدء من كتابة هذا الصفر

Elevations المناسيب

للمنحني المحدب



$$\text{Elev. of } \textcircled{1} = \text{Level on tangent 1} - \textcircled{y}$$

$$\text{Level on tangent}_1 = \text{Level (PC)} + g_1 * x$$

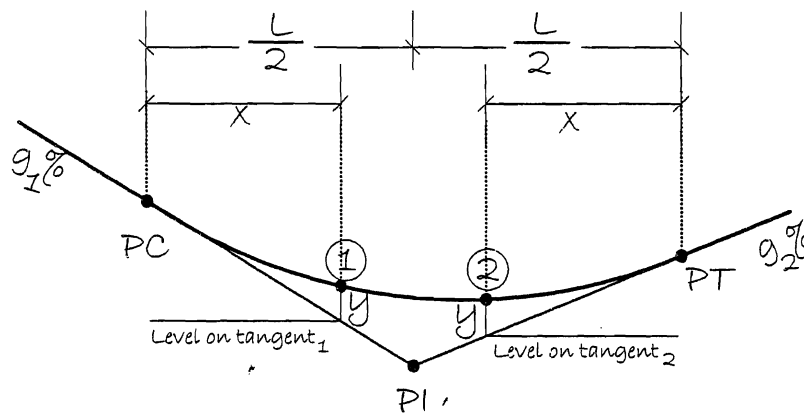
$$\text{Elev. of } \textcircled{2} = \text{Level on tangent 2} - \textcircled{y}$$

$$\text{Level on tangent}_2 = \text{Level (PT)} + g_2 * x$$

OR

$$= \text{Level (PI)} - g_2 * \left(\frac{L}{2} - x\right)$$

للمنحني المقعر



$$\text{Elev. of } \textcircled{1} = \text{Level on tangent 1} + \textcircled{y}$$

$$\text{Level on tangent}_1 = \text{Level (PC)} - g_1 * x$$

$$\text{Elev. of } \textcircled{2} = \text{Level on tangent 2} + \textcircled{y}$$

$$\text{Level on tangent}_2 = \text{Level (PT)} - g_2 * x$$

OR

$$= \text{Level (PI)} + g_2 * \left(\frac{L}{2} - x\right)$$

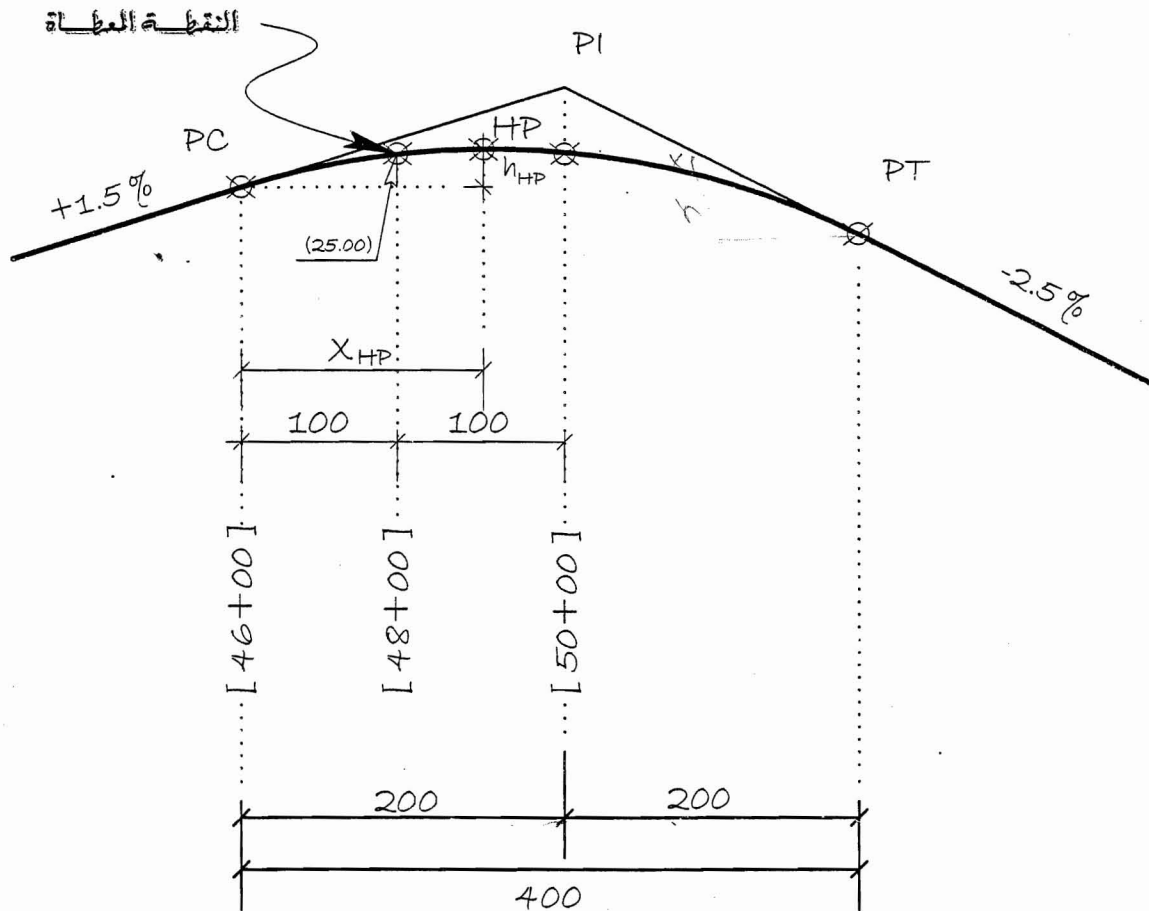


A +1.5% grade tangent meets a -2.5% grade tangent at station 50+00. A vertical curve 400 ms long is used to connect the tangents. The elevation of the curve at sta. 48+00 is 25.0 m (One satation = 50 m)

- Find the station and elevation of curve every 20 ms.
- Find the station and elevation of the H.P.
- Should passing be allowed on this curve. Assuming a design speed is 80 km/hr.

Solution

أولا : رسم المعطيات و استنتاج بعض المعلومات البسيطة ووضعها علي الرسم



$$A = \frac{g_1 - g_2}{100} = \frac{1.5 - (-2.5)}{100} = 0.04$$

$$e = \frac{AL}{8} = \frac{0.04 * 400}{8} = 2.0 \text{ m}$$

$$y = \frac{4e}{L^2} * x^2 = \frac{4 * 2}{400^2} * x^2$$

$$\therefore y = 5 * 10^{-5} * x^2$$

For the given point:

$$x = 100 \text{ m} \xrightarrow{\text{Sub. in } y = 5 * 10^{-5} * x^2} y = 0.5 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \therefore \text{Elev. on tangent at such pnt.} &= 25.0 + 0.5 \\ &= 25.50 \text{ m} \end{aligned}$$

For the PC:

$$\text{Elev. @ PC} = 25.5 - 100 * \frac{1.5}{100} = 24.00 \text{ m}$$

$$\therefore 100 \text{ m} = 2 (\text{sta.} = 50 \text{ m}) = [02+00]$$

$$\therefore \text{Sta. @ PC} = [48+00] - [02+00] = [46+00]$$

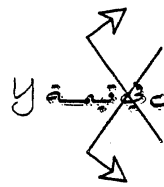
Request#1 : Sta. & Elev every 20m :

From PC ~ PI = $24 + \frac{1.5}{100} * \text{Dist. From PC}$

Elev. = Level on tangent - y

From PI ~ PT = $\nabla \text{PI} - \frac{2.5}{100} * \text{Dist. From PI}$

Sub. in y = $5 * 10^{-5} * x^2$
قائل في التربة من نقطة PI



Pnt.	Dist. x	y	Level on tangent	Sta.	Elev.
PC	0	0	24.0	[46+00]	(24.00)
	20	0.02	24.3	[46+20]	(24.28)
	40	0.08	24.6	[46+40]	(24.52)
	60	0.18	24.9	[47+10]	(24.72)
	80	0.32	25.2	[47+30]	(24.88)
	100	0.50	25.5	[48+00]	(25.00)
	120	0.72	25.8	[48+20]	(25.08)
	140	0.98	26.1	[48+40]	(25.12)
	160	1.28	26.4	[49+10]	(25.12)
	180	1.62	26.7	[49+30]	(25.08)
PI	200	2.0	27.0	[50+00]	(25.00)
	220	1.62	26.5	[50+20]	(24.88)
	240	1.28	26.0	[50+40]	(24.72)
	260	0.98	25.5	[51+10]	(24.52)
	280	0.72	25.0	[51+30]	(24.28)
	300	0.50	24.5	[52+00]	(24.00)
	320	0.32	24.0	[52+20]	(23.68)
	340	0.18	23.5	[52+40]	(23.32)
	360	0.08	23.0	[53+10]	(22.92)
	380	0.02	22.5	[53+30]	(22.48)
PT	400	0	22.0	[54+00]	(22.00)

: Request#2 : For HP :

$$x_{HP} = \frac{g_1 L}{A} = \frac{0.015 * 400}{0.04} = 150 \text{ m}$$

$$h_{HP} = \frac{g_1^2 L}{2 A} = \frac{0.015^2 * 400}{2 * 0.04} = 1.125 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Sta. [HP]} &= \text{Sta. [PC]} + \text{Sta. [x}_{HP}] \\ &= [46+00] + [03+00] = \underline{\underline{[49+00]}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Elev. (HP)} &= \text{Elev. (PC)} + h_{HP} \\ &= 24.0 + 1.13 = \underline{\underline{(25.13)}} \end{aligned}$$

Request#3 : Should passing will be allowed on this curve ... $v = 80 \text{ km/hr.}$:

@ $v = 80 \text{ km/hr.}$ From table (5) $\Rightarrow S_p = 510 \text{ m}$

في هذه الحالة نحتاج طول الـ Curve اللازم للـ S_p وإذا كان
وإذا كان طول الـ Curve العطي أكبر من المسوي
ممنوع بالتخطي، وإذا لم يكن ← غير ممنوع بالتخطي

Considering S_p :

Assume $S_p < L_p$

$$\therefore L_p = \frac{A * S_p^2}{10} = \frac{0.04 * 510^2}{10}$$

$$= 1040.4 \text{ m} > S_p \quad \text{..... Ok}$$

∴ طول الـ Curve اللازم للتخطي 1040.4 متر

وطول الـ Curve العطي 100 متر

∴ غير ممنوع بالتخطي



Vertical curve is used to connect a +4% grade tangent with a -2% grade tangent.

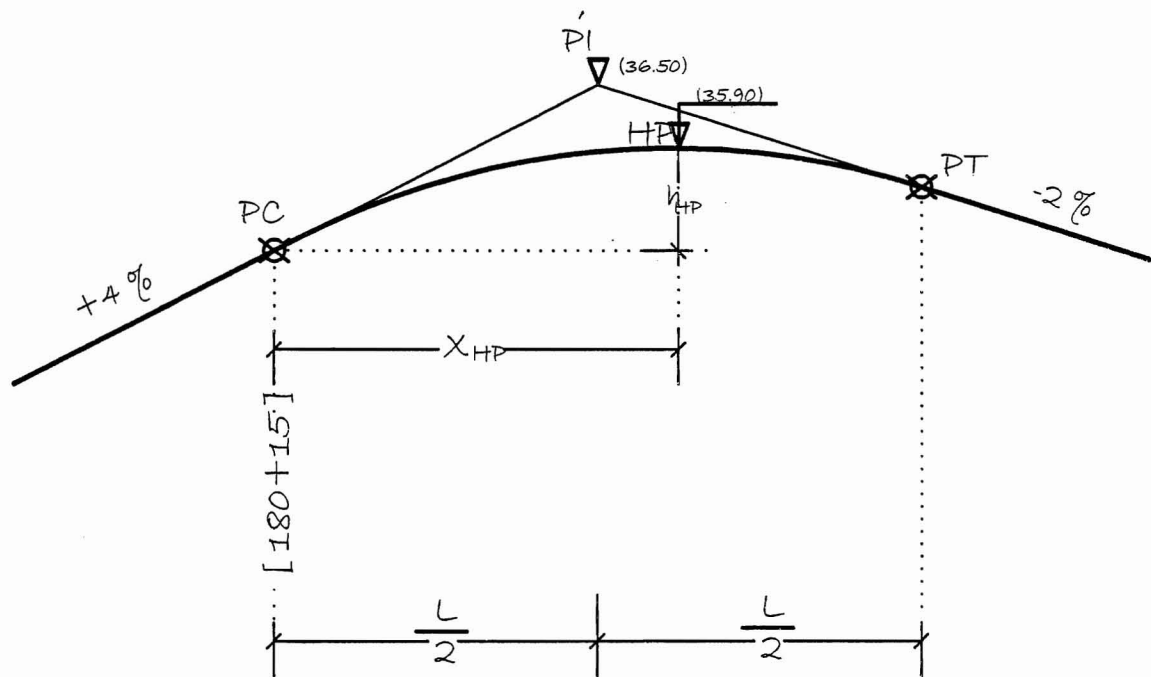
Given the station of P.C. is 180+15 and elevation of P.I. and H.P. is 36.5 ms.

and 35.9 ms respectively. (one station = 30 ms.)

- Find the station of the highest point H.P.
- Determine the maximum safe operating speed on the curve assuming perception and reaction time 2.0 sec. and coefficient of friction (f) = 0.32.

Solution

أولا: الرسم



$$A = \frac{g_1 - g_2}{100} = \frac{+4 - (-2)}{100} = 0.06$$

$$\text{Elev. (PC)} = 36.50 - 0.04 * \frac{L}{2} = 36.5 - 0.02 L$$

For HP:

$$h_{HP} = \frac{g_1^2 L}{2A} = \text{Elev. (HP)} - \text{Elev. (PC)}$$

$$\therefore \frac{0.04^2 * L}{2 * 0.06} = 35.90 - (36.5 - 0.02 L)$$

ملحظة القابلة من السمة الأولى يتبع

$$L = 90 \text{ m}$$

$$x_{HP} = \frac{g_1 L}{A} = \frac{0.04 * 90}{0.06} = 60 \text{ m}$$

$$\text{Sta. [HP]} = \text{Sta. [PC]} + \text{Sta. [x}_{HP}]$$

$$= [180+15] + [02+00] = [182+15]$$

Request#2 : Max. safe $V = ??$

Assume $S_n < L_n$

$$L_n = \frac{A * S_p^2}{4}$$

↓

$$90 = \frac{0.06 * S_A^2}{4} \longrightarrow S_A = 77.5 \text{ m}$$

$\therefore S_n < L_n$ Assumption is Ok

Sub. $S_n = 77.5 \text{ m}$ in S_n equation:

$$S_n = \frac{V * t_1}{3.6} + \frac{V^2}{254 * (f + \frac{S}{100})}$$

$$77.5 = \frac{V * 2}{3.6} + \frac{V^2}{254 * (f \ominus \frac{4}{100})}$$

$$\frac{1}{71.12} V^2 + \frac{1}{1.8} V - 77.5 = 0$$

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

ملحوظة: هذه المعادلة من الدرجة الثانية باستخدام القانون العام

$\therefore \text{Max. safe } V = 57 \text{ km/hr}$

Design the vertical curve connecting -6% and +4% grades if $v = 80$ km/hr,
 $t = 3$ sec., $f = 0.3$ Find the stations and elevations of PC, PI, PT, and quarter
 points on the curve if the station of the lowest point [40+00] and elevation
 is 20.00 m. (the station every 50 m)

Solution

أولاً : بحسب طول المنحني الرأسى

$$A = \frac{g_1 - g_2}{100} = \frac{-6 - (4)}{100} = -0.1 \longrightarrow \text{Sag curve}$$

∴ Design considering S only :

$$S_n = \frac{V * t}{3.6} + \frac{V^2}{254 * (f + \frac{S}{100})}$$

$$= \frac{80 * 3}{3.6} + \frac{80^2}{254 * (f + \frac{S}{100})} = 171.65 \text{ m}$$

أكثر قيمة للميل بإشارة سالبة

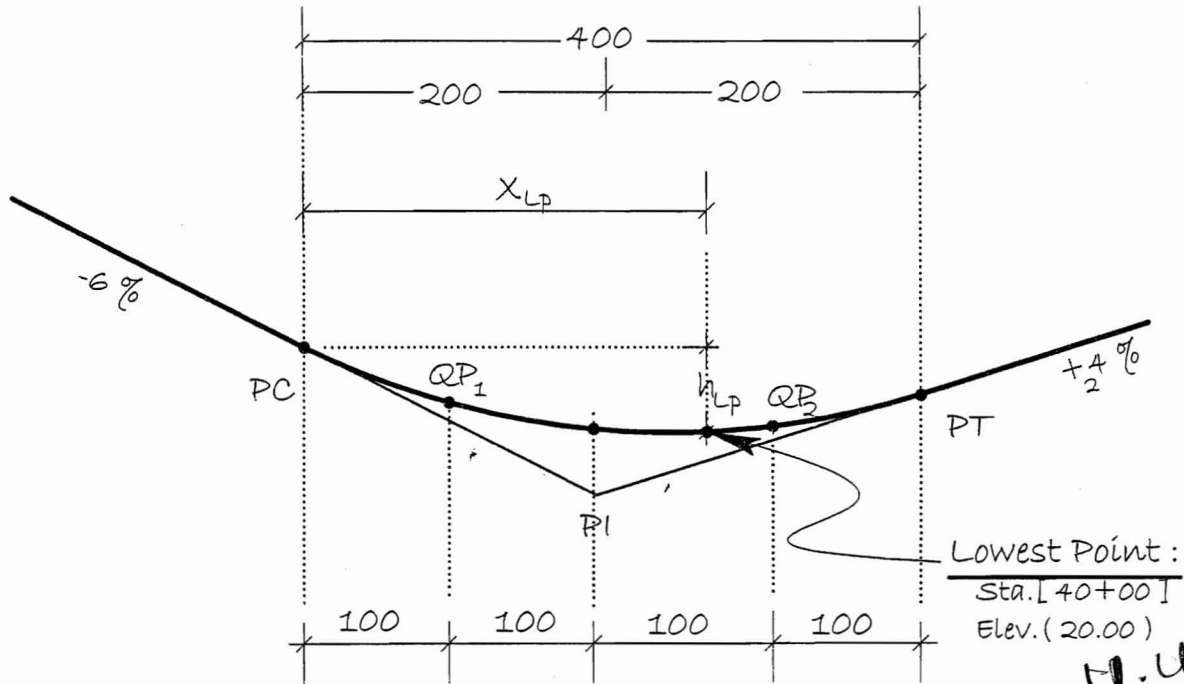
Assume $S_n < L_n$

$$L_n = \frac{A * S_n^2}{152.44 + 3.5 S_n} = \frac{10 * 171.65^2}{152.44 + 3.5 * 80}$$

$$= 392 \text{ m} > S_n \dots \text{or}$$

May be taken 400 m

ثانياً: تخطيط



$$e = \frac{AL}{8} = \frac{0.1 * 400}{8} = 5.0 \text{ m}$$

$$y = \frac{4e}{L^2} * x^2 = \frac{4 * 5}{400^2} * x^2$$

$$\therefore y = \frac{x^2}{8000}$$

For Lp:

$$X_{LP} = \frac{g_1 L}{A} = \frac{0.06 * 400}{0.1} = 240 \text{ m} \quad \dots \text{ from PC}$$

$$h_{LP} = \frac{g_1^2 L}{2A} = \frac{0.06^2 * 400}{2 * 0.1} = 7.2 \text{ m} \quad \dots \text{ from PC}$$

For PC :

$$\begin{aligned} \text{Sta. [PC]} &= \text{Sta. [Lp]} - \text{Sta. [X]}_{Lp} \\ &= [40+00] - [4+40] = \underline{[35+10]} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Elev. (PC)} &= \text{Elev. (Lp)} + h_{Lp} \\ &= 20.0 + 7.2 = \underline{(27.20)} \end{aligned}$$

$$\text{From PC} \sim \text{PI} = 27.2 - \frac{6}{100} * \text{Dist. From PC}$$

$$\text{From PI} \sim \text{PT} = \nabla \text{PI} + \frac{4}{100} * \text{Dist. From PI}$$

$$\text{Sub. in } y = \frac{x^2}{8000}$$

تمثل في القيمة من نقطة PI

$$\text{Elev.} = \text{Level on tangent} + y$$

تمثل في القيمة من نقطة PI

Pnt.	Dist. x	y	Level on tangent	Sta.	Elev.
PC	0	0	27.2	[35+10]	(27.20)
QP ₁	100	1.25	21.2	[37+10]	(22.45)
PI	200	5.0	15.2	[39+10]	(20.20)
QB ₂	300	1.25	19.2	[41+10]	(20.45)
PT	400	0	23.2	[43+10]	(23.20)

HOME WORK

A +5% grade tangent meets a -3% grade tangent at station 100+00 and elevation of +200 m.

Determine the minimum vertical length that can be used for connecting the two tangents providing passing and non passing on the curve. Design speed = 100 km/hr, One station = 50 m. Also find the station and elevation of curve every 100 m.