جـــامـــعـــة المـــنـــارة
قسم الهندسة المدنية
المساحة الهندسية

العام الجامعي
٢٠٢٤-٢٠٢٥
المحاضرة (٤)

تخطيط المنحنيات الدائرية وتوقيعها في الطبيعة

Setting Out or Ranging of Circular Curves

أ. د. إياد اسماعيل فحصة

العام الجامعي

٢٠٢٤-٢٠٢٥

المحاضرة (٤)

جَـامعة المَـنارة
MANARA UNIVERSITY

١ مقدمة

٢ طريقة رانكن أوزوايا الانحراف Deflection Angle Method

٣ مرحلة الدراسة المساحية الأولية

٤ مرحلة الأعمال المساحية النهائية

٥ المنحنيات الأفقية الدائرية

١

مقدمة

مقدمة

إن الغرض الأساسي من المنحنيات هو وصل الأجزاء المستقيمة ببعضها، وذلك بشكلٍ تدريجي لتفادي التغييرات المفاجئة في الاتجاهات . وبالتالي لابد من تحديد وتوقيع هذه الأجزاء المستقيمة على الأرض ومن ثم ربطها بواسطة المنحنيات اللازمة.

تكون هذه الأجزاء المستقيمة أحياناً مثبّتةً على الأرض في وقتٍ سابق، أو تكون مبينةً على الخارطة ومربوطة بمعالم ثابتة أو بنقاطٍ وخطوط أساسية محددة في الطبيعة، وبالتالي من الواجب تجسيدها في الطبيعة.

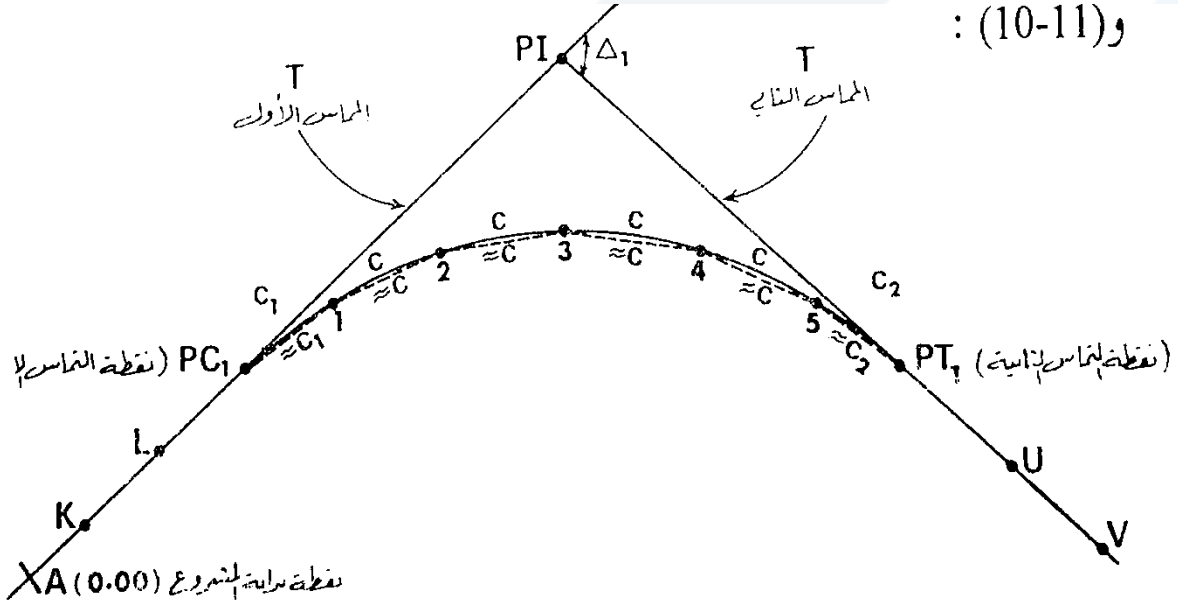
ثم نبدأ بوصل هذه الخطوط بمنحنيات دائريةٍ بسيطةٍ (موضوع البحث الحالي) وفقاً للطرق المعروفة .

وفيما يلي نشرح إحدى هذه الطرق المسماة طريقة زوايا الإنحراف، حيث نستخدم الثيودوليت وشريط القياس.

طريقة رانكن أوزوايا الانحراف

نفترض أن المطلوب هو وصل مستقيمين محددين بالنقاط K و L للمستقيم الأول وبالنقطتين U و V للمستقيم الثاني. فيكون تتابع العمل وفق الخطوات الآتية:

و(10-11) :



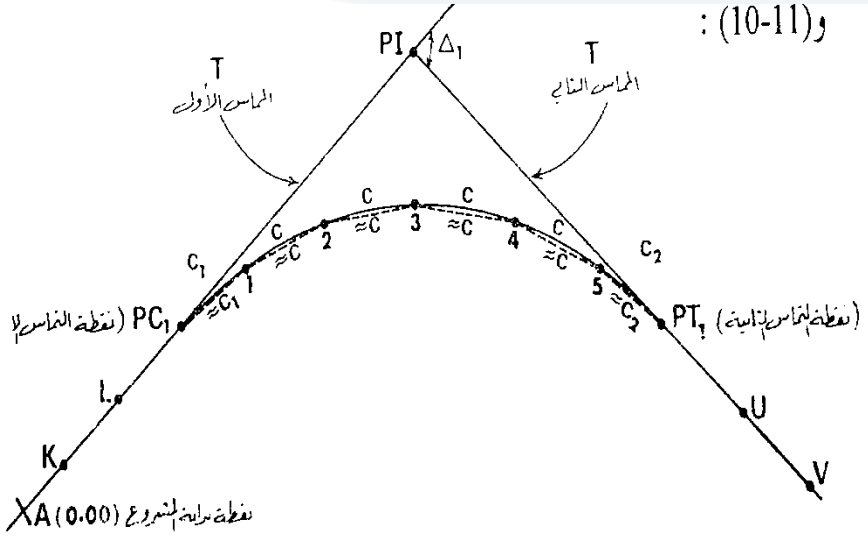
طريقة رانكن أوزوايا الانحراف

أولاً: نعين نقطتي التماس وفقاً للخطوات التالية:

١- نمدد الخطين المستقيمين (باستخدام التيودوليت والشواخص) إلى أن يتقاطعا في النقطة PI.

٢- نثبت التيودوليت في النقطة PI ونقيس الزاوية Δ .

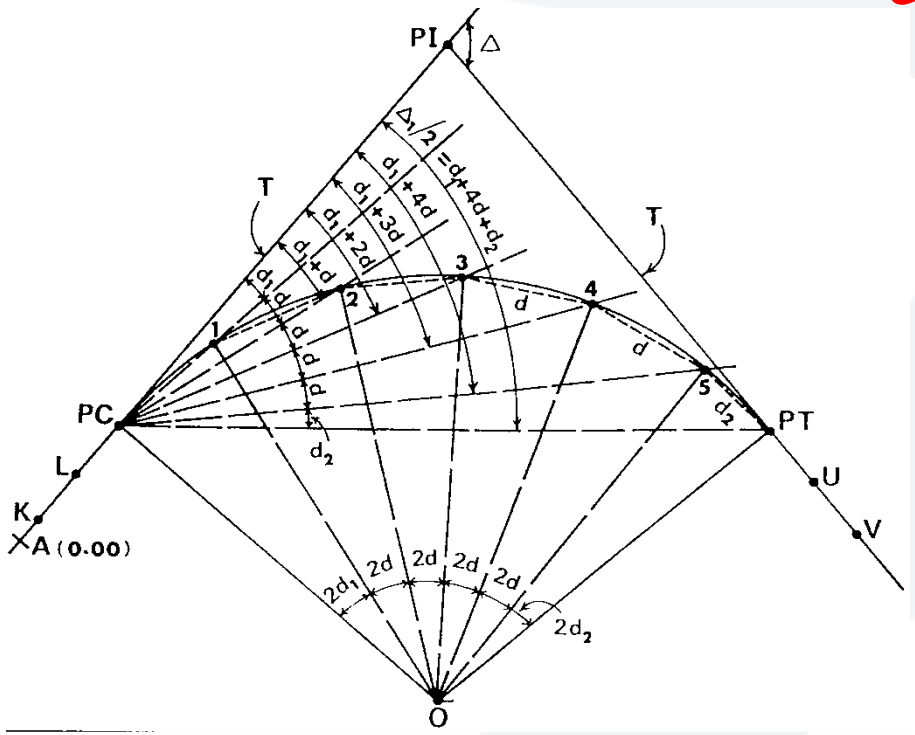
٣- نحسب طول كلٍ من المماسين T بمعلومية زاوية الانحراف Δ ونصف القطر R (الذي يتم تحديده حسب المزايا الفنية والطبوغرافية ، أو على أساس درجة المنحني كما ورد سابقاً في المحاضرة السابقة).



٤- ابتداءً من نقطة التقاطع PI وبالقياس نحدد موقع النقطتين PC و PT على المستقيمين المتقاطعين. فتكون نقطة نهاية الطول على المستقيم الأول KL هي بداية المنحني، ونقطة نهاية الطول على المستقيم الثاني UV هي نقطة نهاية المنحني .

طريقة رانكن أوزوايا الانحراف

ثانياً: تعيين زوايا الانحراف لعدد كافٍ من النقاط (حسب المشروع):

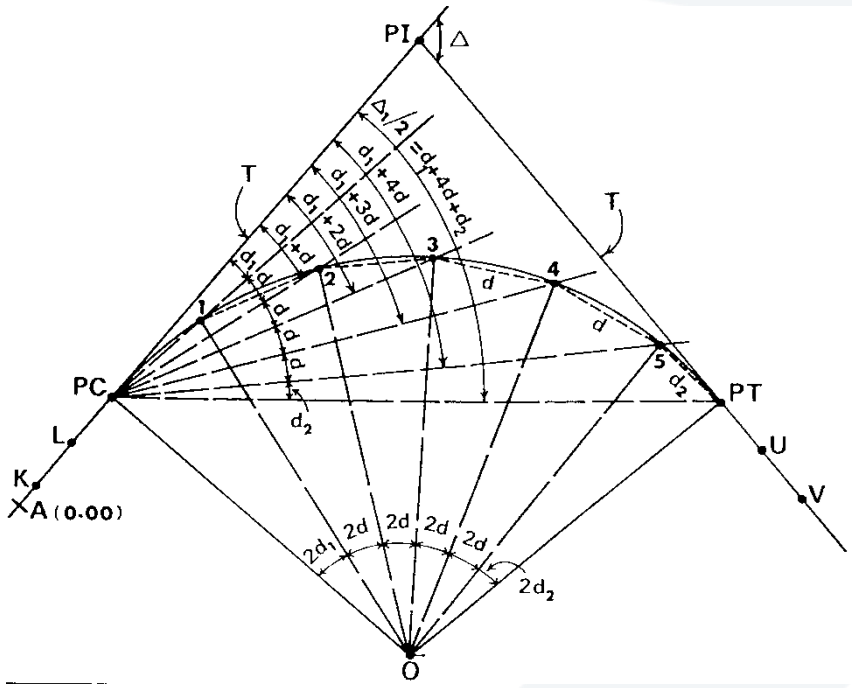


١- نحسب طول المنحني L بدلالة زاوية الانحراف Δ ونصف القطر R . من العلاقة $L=\pi \cdot R \cdot \Delta / 180^o$.

٢- نقسم المنحني إلى عددٍ من الأقواس الجزئية بحيث لايزيد طول القوس الواحد عن قيمة R/20 . وذلك لتحقيق إمكانية إهمال الفرق بين طول القوس ووتره.

٣- نختار طولاً للقوس الجزئي الأول C1 ، بحيث تصبح محطة النقطة الأولى (1) رقماً مناسباً ومدوّراً يقبل القسمة على 5 أو 10 وأصغر من R/20.

طريقة رانكن أوزوايا الانحراف



ثانياً: تعيين زوايا الانحراف لعدد كافٍ من النقاط (حسب المشروع):

٤- نختار طولاً واحداً مناسباً ومدوّراً للأقواس المتوسطة (C)،

بحيث تكون محطات جميع نقاط المنحني ذات أرقامٍ مناسبة

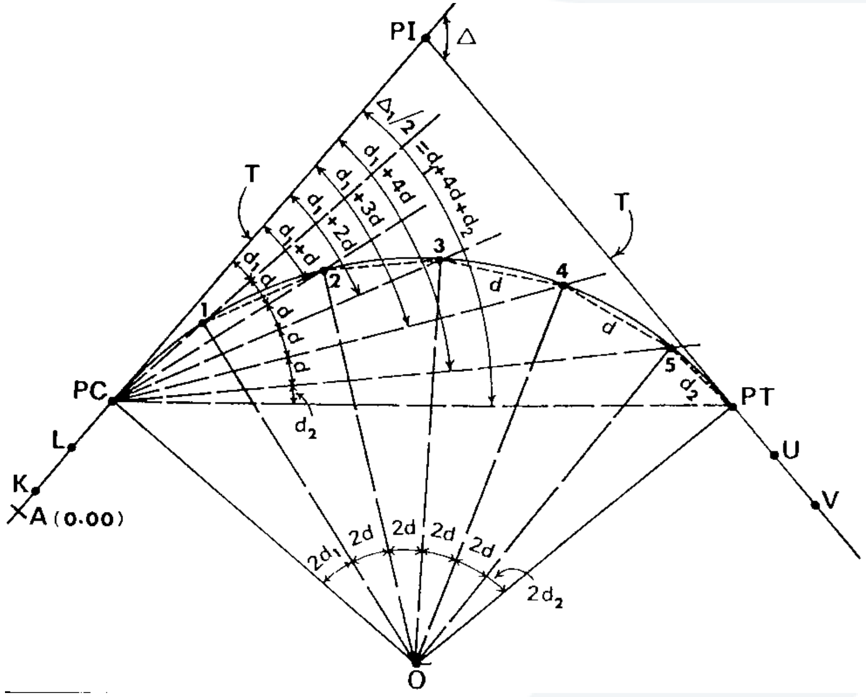
ومدوّرةٍ ، ولاتتجاوز قيمة R/20 .

٥- يتمم طول القوس الجزئي الأخير (C2) طول المنحني الكلي،

أي أن: $C2 = L - (C1+n.C)$ حيث تمثل n عدد الأقواس

الجزئية.

طريقة رانكن أوزوايا الانحراف

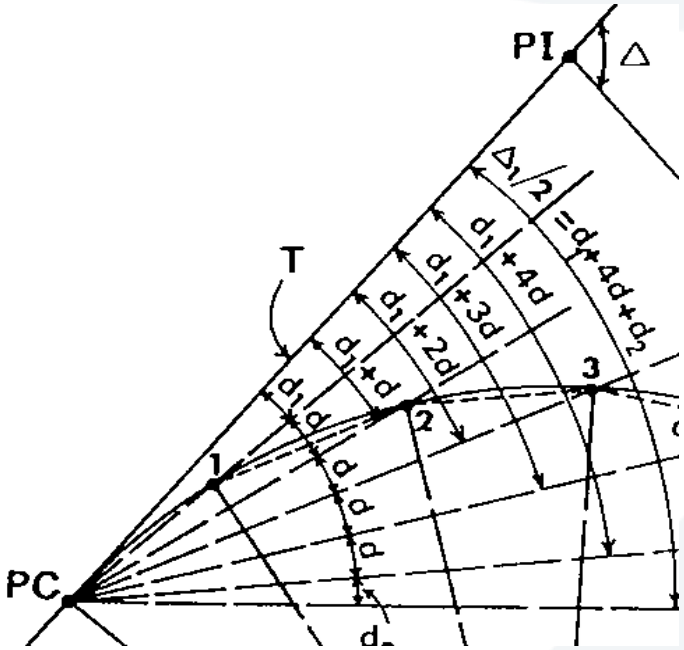


ثانياً: تعيين زوايا الانحراف لعدد كافٍ من النقاط (حسب المشروع):

٦- نحسب زوايا الإنحراف الجزئية أو المماسية لكافة الأقواس الجزئية من العلاقة $d = \frac{C \cdot 90^o}{\pi \cdot R}$. وللتحقق من صحة الحسابات يجب أن يكون المجموع (d1 + n.d + d2) مساوياً لنصف قيمة زاوية الانحراف $(\Delta / 2)$.

ثالثاً: نثبت التيودوليت فوق نقطة التماس الأولى PC ، وبعد ضبطه نرصد نقطة التقاطع PI ، وعلى استقامة المستقيم الأول KL ونصفر الزوايا الأفقية.

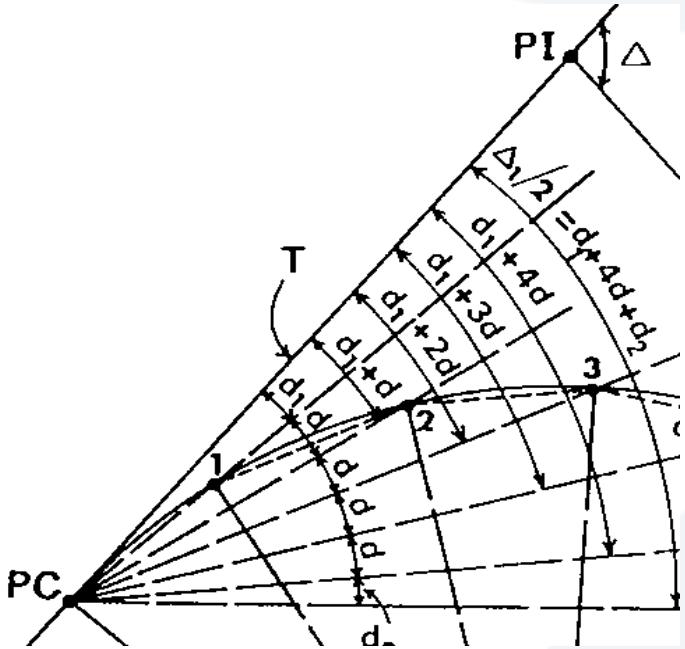
طريقة رانكن أوزوايا الانحراف



رابعاً: نُدَوِر نظارة التيودوليت الآن بزاوية تعادل زاوية الانحراف الجزئية الأولى (d1) فيصبح خط النظر باتجاه النقطة الأولى المطلوب تحديدها من المنحني. ثم يمسك عامل قياس خلفي (Rear Chainman) صفر الشريط عند نقطة التماس الأولى PC ، بينما يمسك القائس الأمامي (Reader) الشريط عند التدريج المعادل لطول القوس الجزئي الأول C1 (يعادل طول الوتر الجزئي الأول تقريباً) ويشد الشريط جيداً و أفقياً

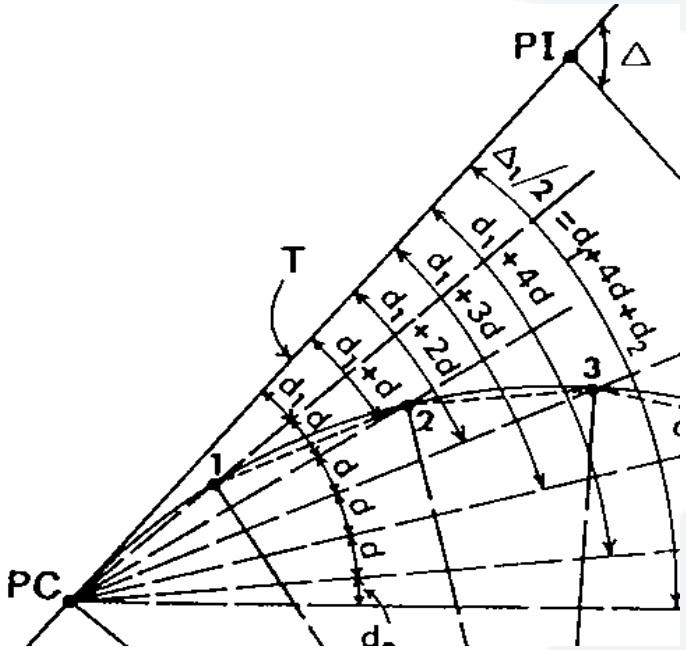
طريقة رانكن أوزوايا الانحراف

تكملة رابعاً:



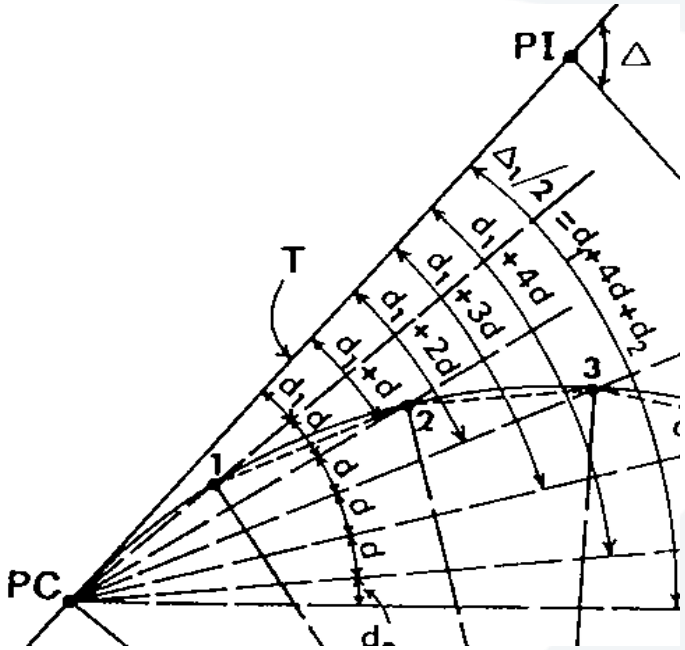
(بينما يثبت القائس الخلفي صفرشريط القياس فوق نقطة التماس الأولى) ويبدأ القائس الأمامي بالحركة يميناً ويساراً إلى أن تصبح نهاية الشريط (المحددة للنقطة الأولى) وفق اتجاه خط النظر المحدد باستخدام التيودوليت (حيث يتلقى توجيهات وإشارات واضحة من الراصد الموجِه والقارئ لجهاز التيودوليت) وعندها يغرس علامة (وتد خشبي أو معدني) بشكلٍ متعامد ومماس للتدريج من الشريط المو افق لطول القوس أو الوتر الجزئي الأولمن المنحني الدائري. فتكون بذلك قد تحددت النقطة الأولى (1) .

طريقة رانكن أوزوايا الانحراف



خامساً: نُدَوِر نظارة التيودوليت من جديد بزاوية (d) تعادل زاوية الانحراف الجزئية لإحدى النقاط الوسطى من المنحني (بحيث تصبح قراءة الزاوية الأفقية تعادل (d1+d) ، وعندها يمسك القائس الخلفي صفر الشريط فوق النقطة الأولى (1) من المنحني (التي تم تحديدها سابقاً) بينما يمسك القائس الأمامي الشريط جيداً و أفقياً عند التدريجة المو افقة للطول (C) المقابل لزاوية الانحراف (d) ويتحرك يميناً أو يساراً (بينما القياس الخلفي وصفر الشريط ثابتين عند النقطة (1) إلى أن يتقاطع خط النظر التدريجة المحددة على الشريط. وعندها تتحدد النقطة الثانية (2).
ونقوم بتجسيد موقع النقطة الثانية بغرس الوتد المناسب.

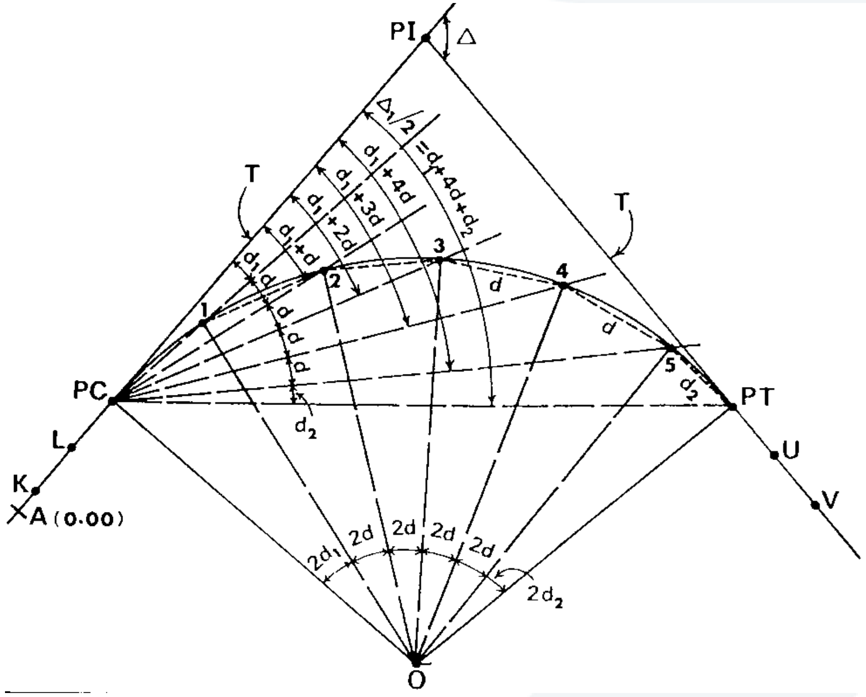
طريقة رانكن أوزوايا الانحراف



سادساً:

لتعيين نقطة أخرى من النقاط المتوسطة (3) على المنحني الدائري ندور المنظار من جديد بزاوية أفقية مقدارها (d)، أي زاوية الانحراف الجزئية للنقاط الوسطى من المنحني (بحيث تصبح قراءة الزاوية الأفقية مساويةً: (d1 + d + d) . ثم يمسك القائس الخلفي صفر الشريط عند النقطة الثانية (2) من المنحني التي حددناها سابقاً، بينما يمسك القائس الأمامي الشريط عند التدريج المساوي لطول القوس أو الوتر الجزئي الأوسط (C) ثم يشد الشريط جيداً و أفقياً (بينما القائس الخلفي وصفر الشريط ثابتين عند النقطة (2) ويبدأ بالحركة يميناً أويساراً إلى أن يقطع خط النظر التدريج المذكور من الشريط. ونتابع كما في الخطوات السابقة ..... الخ.

طريقة رانكن أو زوايا الانحراف

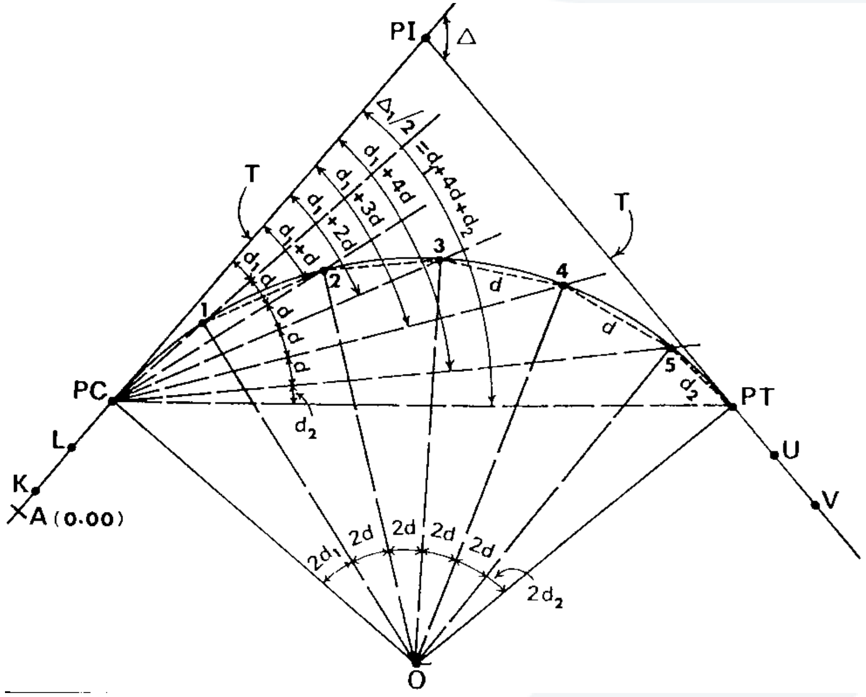


سابعاً:

تُثبَتُ النقاط المتوسطة الأخرى بنفس الطريقة المتبعة للنقاط السابقة ، إلى أن نصل للنقطة الأخيرة من المنحني التي تسبق نقطة التماس الثانية (PT) وهي النقطة (5) على الشكل.

(لاحظ تكون قيمة الزاوية الأفقية هي: d1 +4d ويكون خط النظر للنظارة قاطعاً أو باتجاه النقطة 5 من المنحني).

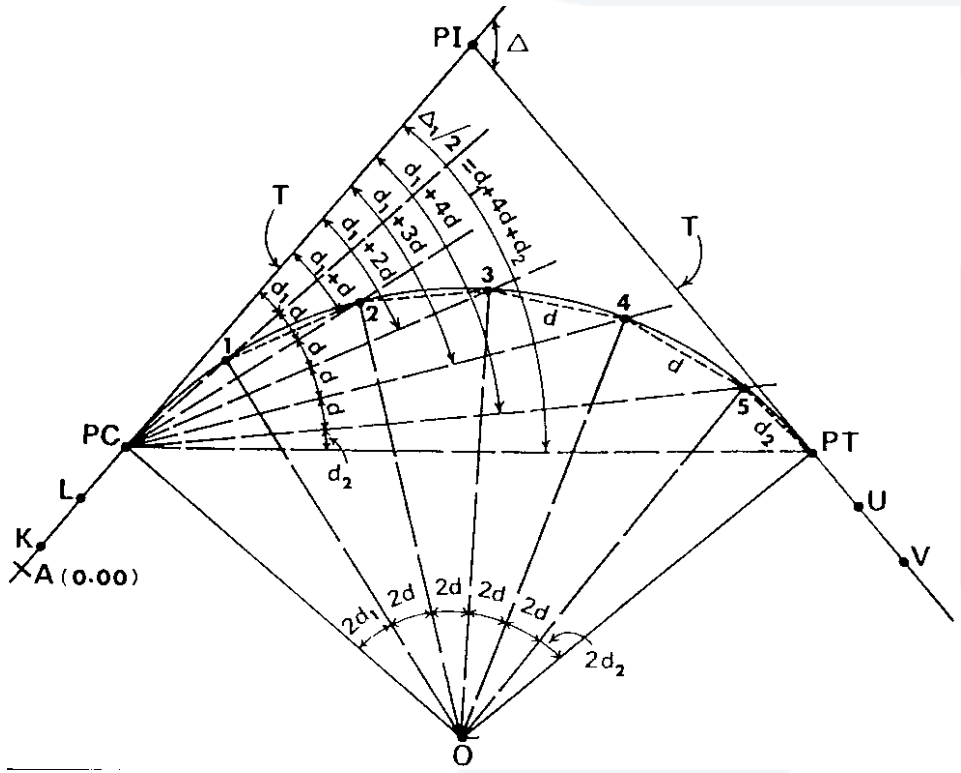
طريقة رانكن أوزوايا الانحراف



ثامناً:

ندورُالآن النظارة من جديد بزاوية أفقية مقدارها (d2) ، فيصبح خط النظر باتجاه نقطة التماس الثانية PT . ثم يمسك القائس الخلفي صفر الشريط عند النقطة الأخيرة من النقاط المتوسطة على المنحني الدائري (وهي النقطة 5 في مثالنا) بينما يمسك القائس الأمامي الشريط عند التدريجة المساوية (d2) ويشُدُ الشريط جيداً و أفقياً ونتابع العمل كما في الخطوات السابقة .... الخ.

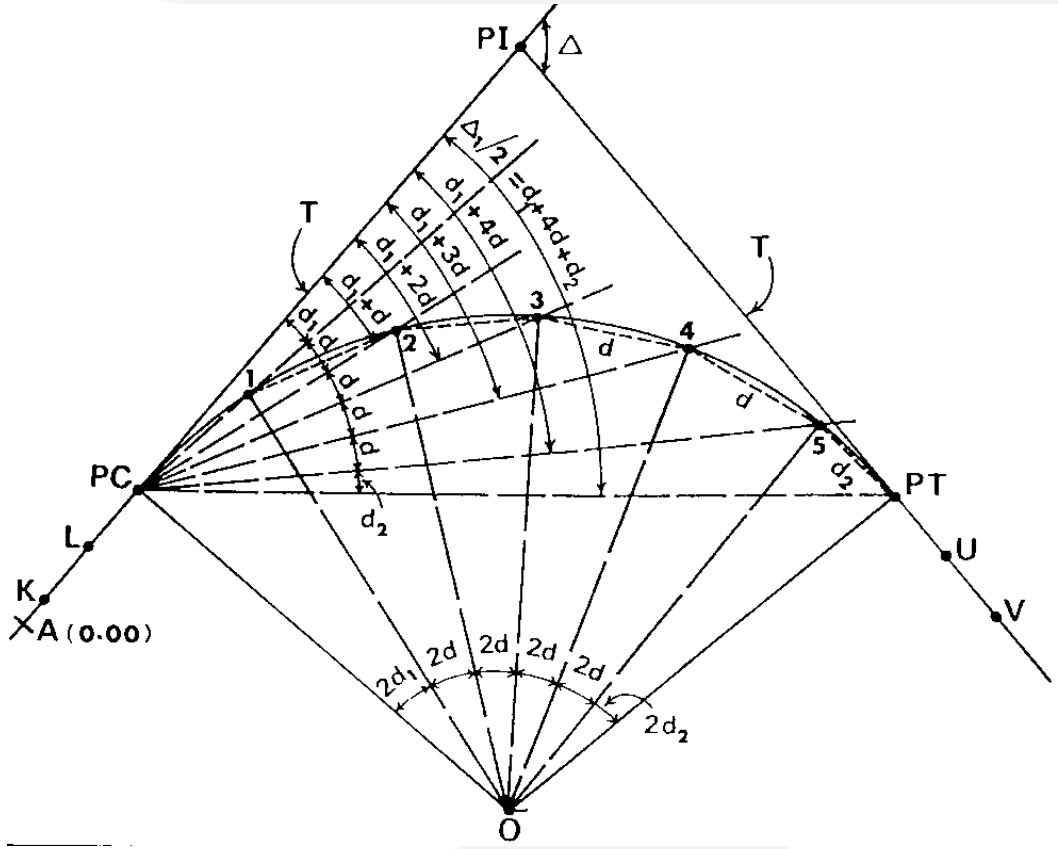
طريقة رانكن أوزوايا الانحراف



نلاحظ أن النقطة المحددة في الخطوة الثامنة

يجب أن تتطابق مع الموقع المحدد سابقاً

لنقطة التماس الثانية PT.



يمكن استخدام طرق أخرى لتخطيط وتوقيع المنحني الدائري ومنها :

- باستخدام جهازي تيودوليت.
- باستخدام جهاز المحطة الشاملة،

ولهذه الغاية نورد المثال الآتي:

مثال

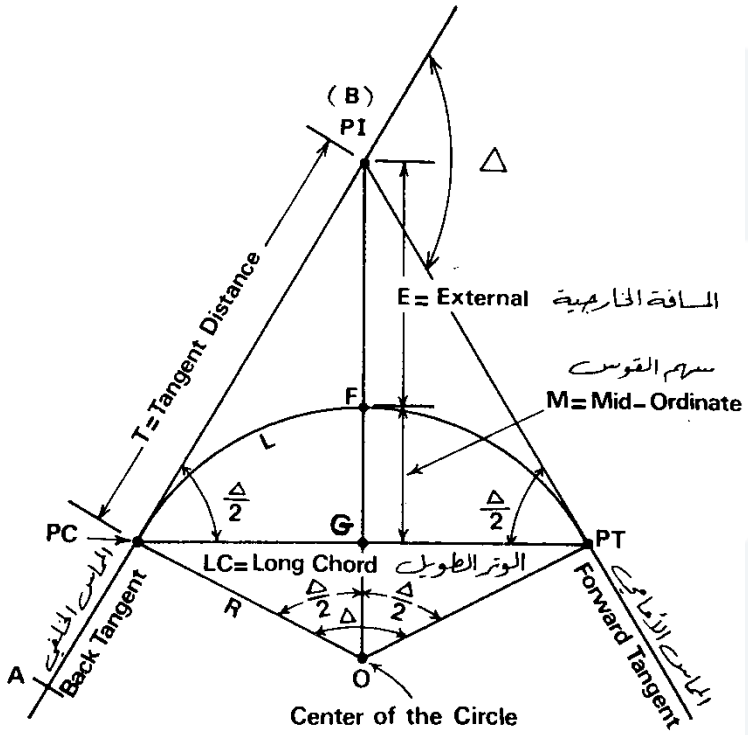
بمعرفة عناصر المنحني الدائري التالية. احسب عناصر المنحني المتبقية والضرورية لتحديد وتوقيع المنحني الدائري بطريقة زوايا الانحراف:

$$\Delta = 19^o\ 57'\ 20''\quad (R)$$

$$D_a = 1^o\ 50'\ (\Leftrightarrow 30\,m)$$

$$Chainage\ or\ Station\ of\ PI = 1507.84\,m$$

ونلاحظ أن درجة تقوس المنحني تقابل طول قوس يعادل 30 m.

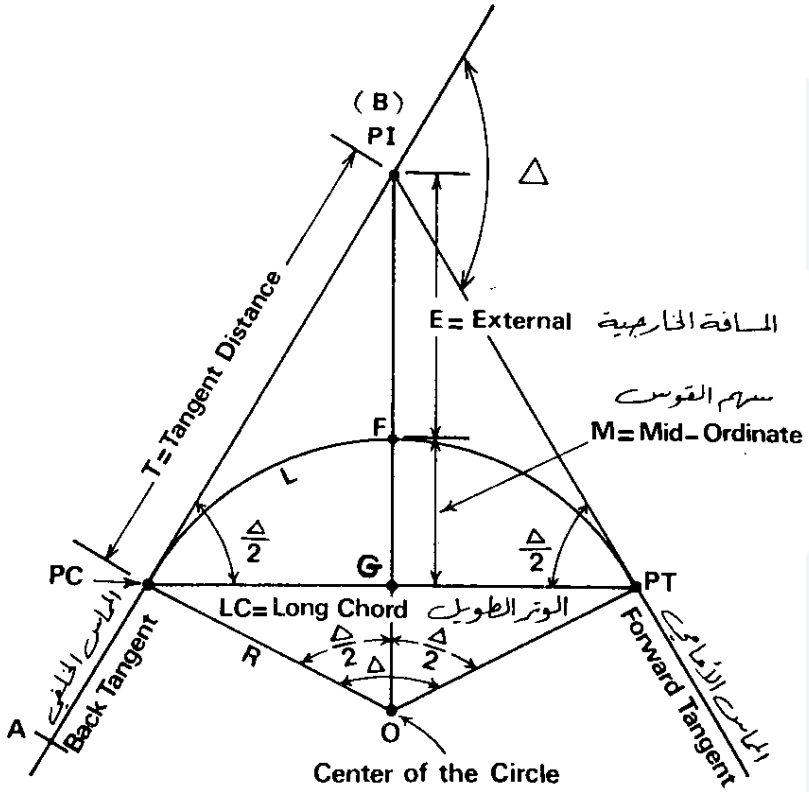


الحل

١- تعيين نصف القطر R وطول المنحني L:

$$\frac{30\ m}{2\pi R}=\frac{D_a}{360^o}\Rightarrow R=\frac{1718.873}{D_a}=937.57\,m$$

$$L=30\cdot\frac{\Delta}{D_a}=326.55\,m$$

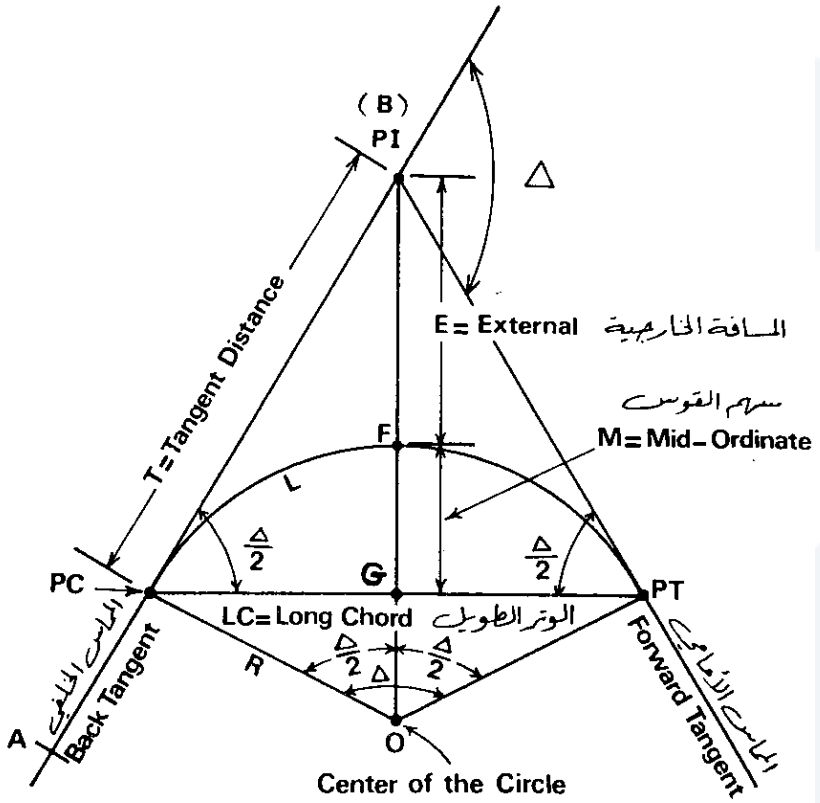


الحل

٢- تعيين طول المماس T والمسافة الخارجية E.

$$T = R \cdot \tan\frac{\Delta}{2} = 164.94\,m$$

$$E = R \cdot ((1/\cos\frac{\Delta}{2}) - 1) = 14.40\,m$$

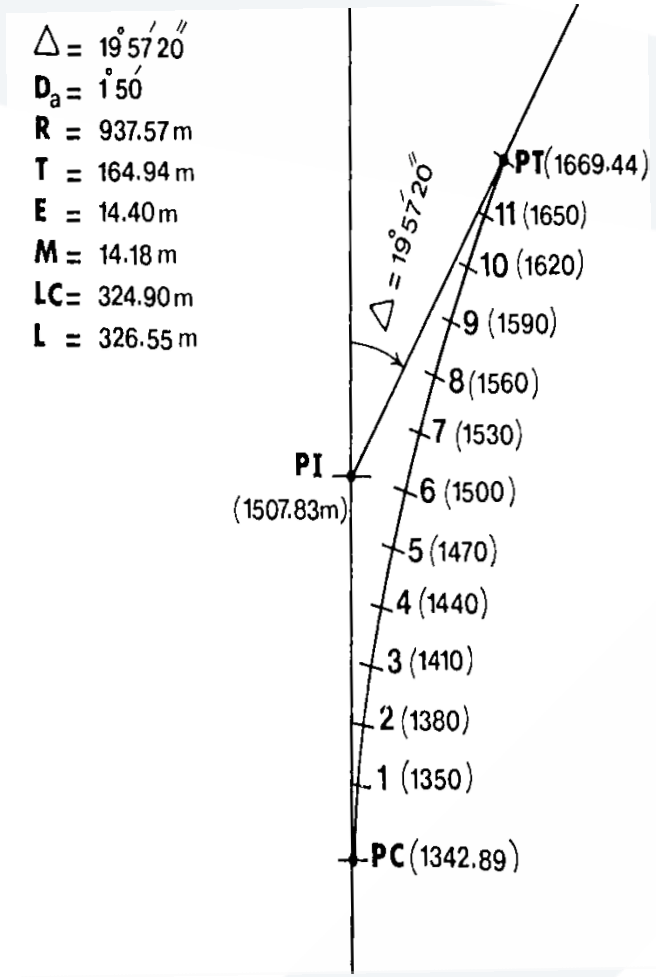


الحل

٣- تعيين سهم القوس M وطول الوتر الطويل LC:

$$M = R \cdot (1 - \cos\frac{\Delta}{2}) = 14.18\,m$$

$$LC = 2R \cdot \sin\frac{\Delta}{2} = 324.90\,m$$



الحل

٤- تعيين محطتي نقطتي التماس الأولى والثانية:

Station of PC = Station of PI - T

Station of PC = 1507.84 – 164.94 = 1342.89 m

Station of PT = Station of PC + L

Station of PT = 1342.89 + 326.55 = 1669.44 m

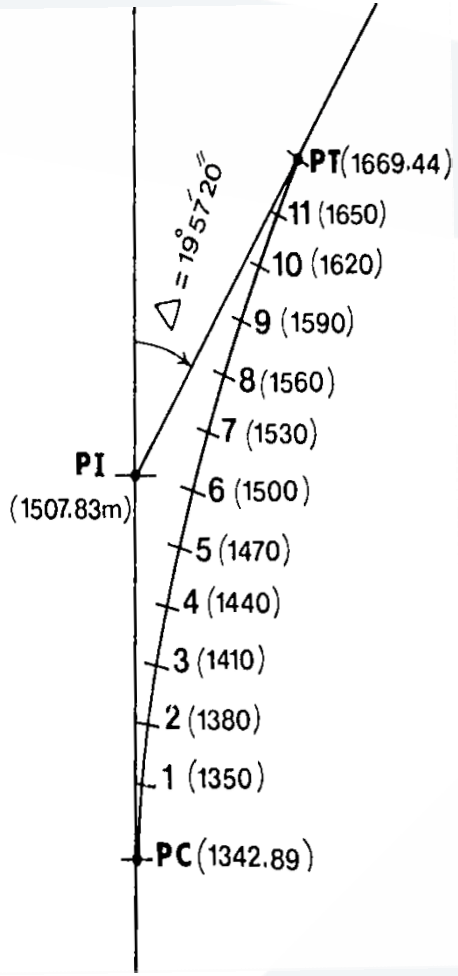
Station PI = 1507.83

- T = 164.94

Station PC = 1342.89

+ L = 326.55

Station PT = 1669.44 m



٥- حساب أطوال الأقواس الجزئية:

حيث أن R/20 = 46.88 m ، يمكننا اختيار أطوال للأقواس الجزئية لاتتجاوز القيمة السابقة. فنختار الطول C = 30 m.

وبما أن أول محطة على المنحني (تلي محطة نقطة التماس الأولى (1342.89 m)) من مضاعفات ألـ 30 m هي 1350 m،

لذا يكون طول القوس الجزئي الأول مساوٍ:

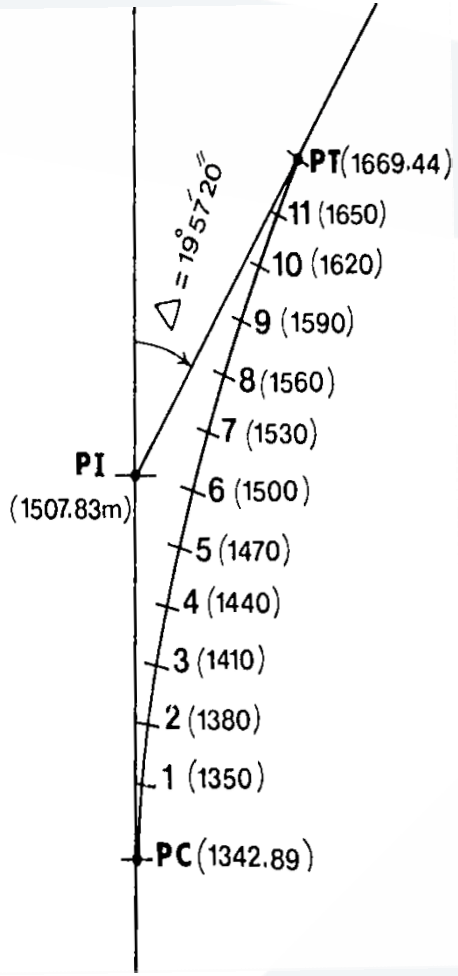
(C1 = 1350-1342.89 = 7.11 m)

أما الأقواس الجزئية المتوسطة فتكون قيمتها (C = 30 m).

ويكون بالنتيجة طول القوس الجزئي الثاني مساوٍ:

C2 = 1669.44 – 1650.00 = 19.44 m

C2 = 326.55– 7.11 – (10x30) = 19.44 m



٦- حساب زوايا الانحراف:

يمكن حساب زاوية الانحراف من العلاقات الآتية:

$$\frac{2d}{360^o}=\frac{c}{2\cdot\pi\cdot R}\Rightarrow d=\frac{c\cdot 90^o}{\pi\cdot R}$$

وبالتالي يكون:

$$d_1=\frac{C_1\cdot 90^o}{\pi\cdot R}=0.217249^o=13'\ 02.1''$$

$$d=\frac{C\cdot 90^o}{\pi\cdot R}=0.916664^o=0^o\ 55'\ 00''$$

$$d_2=\frac{C_2\cdot 90^o}{\pi\cdot R}=0.593998^o=0^o\ 35'\ 38.4''$$

٧- التحقق من زوايا الانحراف الإنحراف:

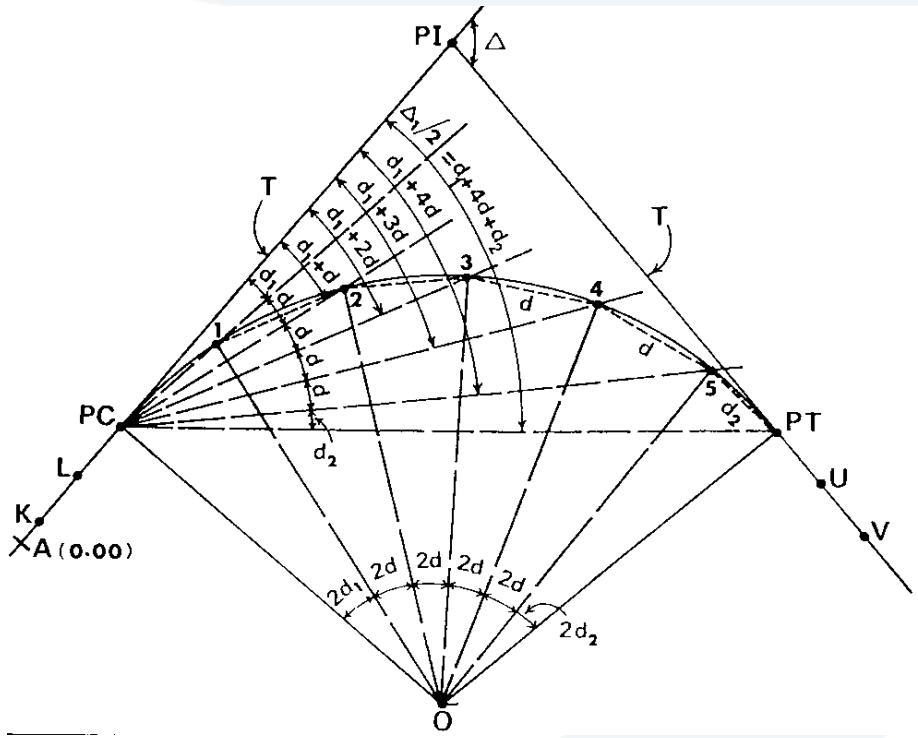
إن مجموع زوايا الانحراف يسوي نصف قيمة نصف زاوية الانحراف Δ . وبالتالي نجد:

$$d_1 + n \cdot d + d_2 =^{?} \frac{\Delta}{2}$$

$$13' 02.1'' + 10 \cdot 55' + 35' 38.4'' =^{?} \frac{19^{o}\ 57'\ 20''}{2}$$

والعلاقة المطلوبة محققة.

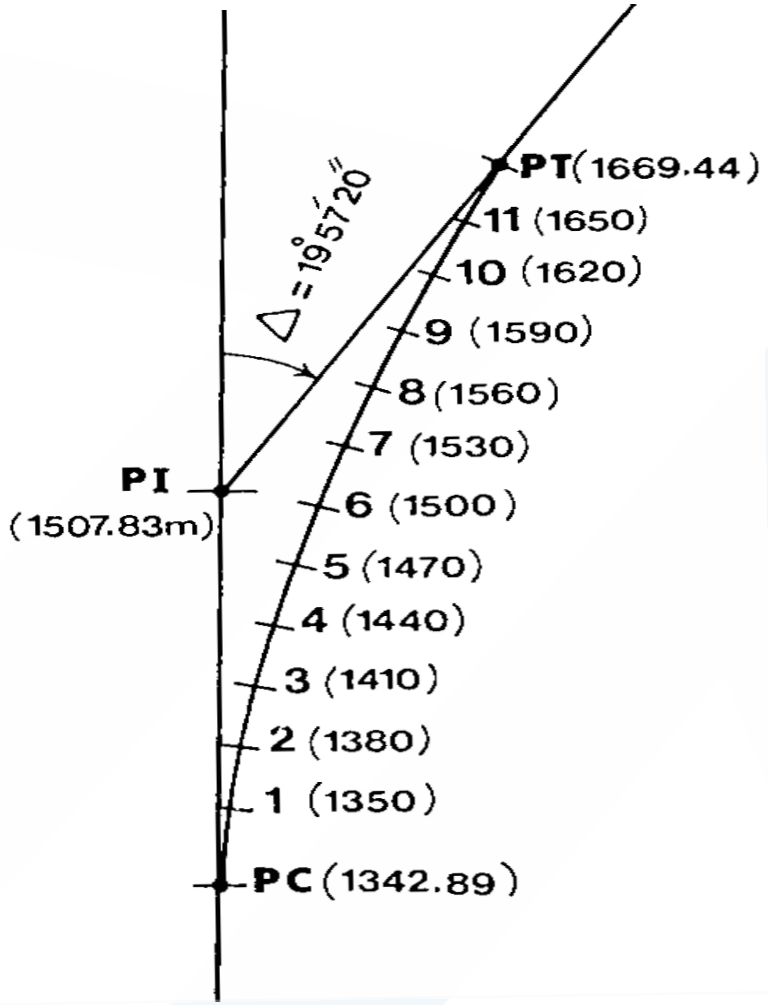
والشكل الآتي يبين الوضع التقريبي للمنحني الدائري الحالي في الطبيعة.

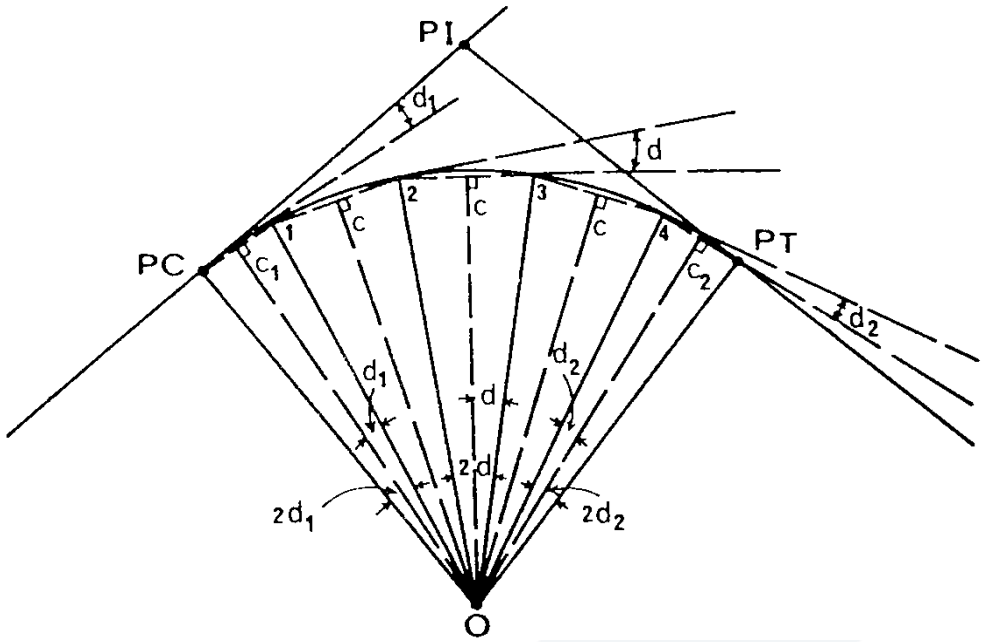


المراحل المساحية الأساسية في تصميم الطرق

المنحني الدائري البسيط

$\Delta = 19^\circ 57' 20''$
$D_a = 1^\circ 50'$
$R = 937.57\,m$
$T = 164.94\,m$
$E = 14.40\,m$
$M = 14.18\,m$
$LC = 324.90\,m$
$L = 326.55\,m$





ونشير إلى أن أطوال الأوتار (c)

تُحسَبُ من العلاقة التالية:

$$\sin d = \frac{\frac{c}{2}}{R} \Rightarrow c = 2 \cdot R \cdot \sin d$$

حيث تمثل c طول القوس الدائري الجزئي و R نصف قطر المنحني الدائري.

جَامعة المَنارة
MANARA UNIVERSITY

Point No رقم النقطة	Chord Length طول الوتر (m)	Arc Length طول القوس (m)	Slation المحطة (m)	Parial Deflection Angle زاوية الانحراف الجزئية	زاوية الانحراف الكلية لأقرب (1′) Total Deflection Angle to the Nearest 1′
PT	----------	----------	1669.44	35.6′	9° 58′ 6″ = 0 = 9° 58′ 36″
	19.00	19.44			= 9° 59′ = $\frac{\Delta}{2}$ check
11	----------	----------	1650	55′	9° 23′
	30.00	30.00			
10	----------	----------	1620	55′	8° 28′
	30.00	30.00			
9	----------	----------	1590	55′	7° 33′
	30.00	30.00			
8	----------	----------	1560	55′	6° 38′
	30.00	30.00			
7	----------	----------	1530	55′	5° 43′
	30.00	30.00			
6	----------	----------	1500	55′	4° 48′
	30.00	30.00			
5	----------	----------	1470	55′	3° 53′
	30.00	30.00			
4	----------	----------	1440	55′	2° 58′
	30.00	30.00			
3	----------	----------	1410	55′	2° 03′
	30.00	30.00			
2	----------	----------	1380	55′	1° 08′
	30.00	30.00			
1	----------	----------	1350	13′	0° 13′
	7.09	7.11			
PC	----------	----------	1342.89	0′	0° 00′

ويبين الجدول المرافق طريقة ترتيب المعلومات في دفتر الحقل لغايات توقيع المنحنيات الأفقية الدائرية.

انتهت المحاضرة