جـامـعـة المـنـارة
قسم الهندسة المدنية
المساحة الهندسية

العام الجامعي
٢٠٢٤-٢٠٢٥
المحاضرة (٣)

المراحل المساحية الأساسية في تصميم الطرق

Surveying Stages of Road Design

أ. د. إياد اسماعيل فحصة

العام الجامعي

٢٠٢٤-٢٠٢٥

المحاضرة (٣)

جَامعة المَنارة
MANARA UNIVERSITY

١ مقدمة

٢ مرحلة الأعمال الاستطلاعية

٣ مرحلة الدراسة المساحية الأولية

٤ مرحلة الأعمال المساحية النهائية

٥ المنحنيات الأفقية الدائرية

١

مقدمة

مقدمة

تشتمل الأعمال المساحية الضرورية لدراسة طريق المراحل الأساسية الآتية:

١. أعمال استطلاعية بهدف التعرف على الشريط الأرضي الذي سيمر عبره الطريق، وتحديد مواقع النقاط المساحية المرجعية (إحداثيات أفقية ومناسيب).
٢. أعمال مساحية أولية تهدف إلى وضع مخططات شاملة بهدف تحديد محور الطريق.
٣. أعمال مساحية دقيقة ونهائية.

ونبين فيما يلي شرحاً مختصراً عن هذه المراحل.

١- مرحلة الأعمال الاستطلاعية

تهدف هذه المرحلة إلى تحديد شريط أو أكثر من الأرض يحقق غايات وأهداف الطريق الفنية والاقتصادية. ويجب في هذه المرحلة استقصاء الأهمية الاقتصادية والخدمات التي يدمها الطريق ، والمزايا السياحية والبيئية وميول الأرض على طول مسار الطريق، والأعمال الإنشائية التي يحتاجها المشروع. بالإضافة إلى معلومات جيولوجية وهيدرولوجية يمكن استنباطها من الخرائط والصور الجوية، والتقارير الفنية والبيانات الإحصائية المتوفرة.

٢

مرحلة الأعمال الاستطلاعية

٢ - مرحلة الدراسة المساحية الأولية

هنا يتم إجراء مسح طبوغرافي شامل للمسار أو المسارات المُقتَرحة للطريق. والغاية الرئيسية من ذلك هي إنتاج مخططات طبوغرافية تفصيلية بمقياس 1/5000 إلى 1/1000، وبفترة كنتورية تتراوح بين 1 m و 5 m. ومن ثم يتم اختيار المسار أو محور الطريق الأفضل.

ولتحقيق ذلك يجري قياس وحساب وتصحيح إحداثيات ومناسيب النقاط المرجعية الجديدة التي يتم إنشاؤها ضمن المسارات المقترحة (باستخدام الطرق المعروفة: المضلعات، التقاطعات ، .... الخ).

٢- مرحلة الدراسة المساحية الأولية

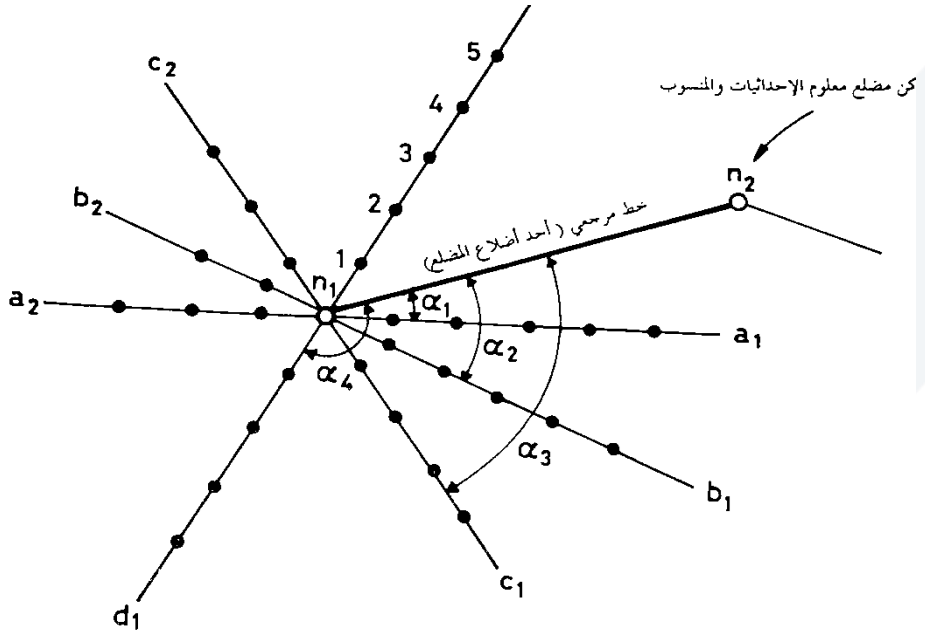
ثم ننتقل لإجراء مسح طبوغرافي شامل يبين مو اقع ومناسيب مختلف التفاصيل (طرق، أبنية، جدران، حدائق، خطوط هاتف وكهرباء، أبراج وأعمدة كهرباء، مو اقع عبارات، ساحات ، .... الخ) بالنسبة إلى أقرب ضلع من أضلاع المضلعات المحددة لمحور الطريق.

يخدمُ كل ضلعٍ من المضلع كخطٍ أساسي مرجعي، يُحَدّدُ استناداً إليه التفاصيل يميناً ويساراً.

٢ - مرحلة الدراسة المساحية الأولية

وفيما يتعلق بتعيين مناسيب عددٍ كافٍ من نقاط سطح الأرض لغايات رسم الخطوط الكنتورية وتمثيل سطح الأرض (الارتفاعات والانخفاضات والميول وتغيير اتجاهات المسار وميول سطح الأرض). فيمكن باستخدام جهاز المحطة الشاملة اتباع الأساليب التالية:

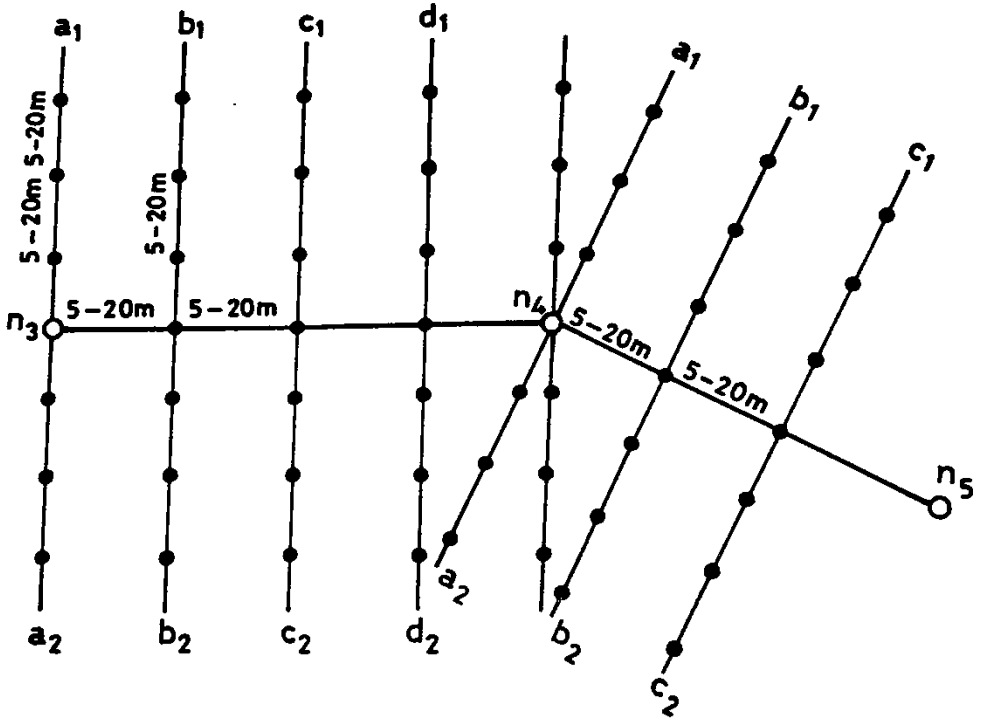
١- تعيين مناسيب نقاط و اقعة على خطوط مستقيمة تصنع زو ايا حادة مع خط المضلع المرجعي.



٢ - مرحلة الدراسة المساحية الأولية

٢ – كما يمكن اختيار النقاط الأرضية لتحقيق مو اقعها ومناسيبها لغايات رسم الخطوط الكنتورية باتباع:

أ- تحديد العدد الضروري من النقاط على استقامة كل ضلع وبمسافات تتراوح بين 5 m و 20 m .

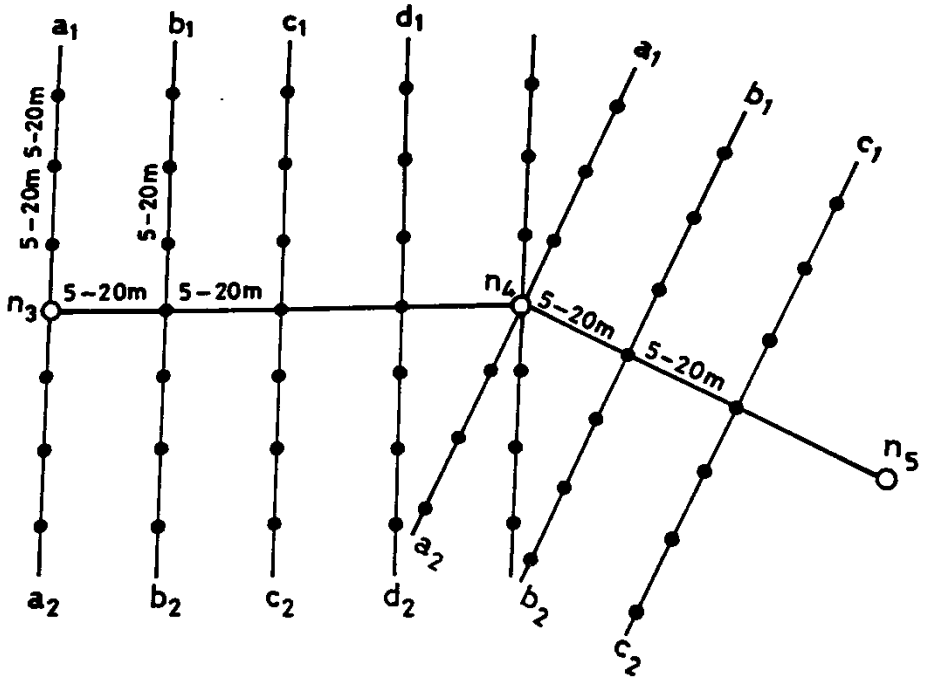


٢ - مرحلة الدراسة المساحية الأولية

ب - نقيم أعمدة من هذه النقاط على ضلع المضلع.

ج - نختار نقاطاً على كل عمود (يمين ويسار الضلع) بمسافات جزئية من 5 m إلى 20 m.

ويتم تحديد مناسيب هذه النقاط بالطرق المعروفة.



٣

مرحلة الأعمال المساحية النهائية

٣- مرحلة الأعمال المساحية النهائية

بعد إتمام إنجاز المخططات الطبوغرافية وأعمال التأسيس المساحية الأولية يقوم الفريق المصمم للطريق بدراسة مختلف المسارات الممكنة واختيار المسار الأفضل.

تتضمن هذه الدراسة عادةً رسم المقاطع الطولية للمسارات بهدف تقدير كميات الأعمال الترابية من حفر وردم ، وتحديد مواقع الجسور والعبارات وتقدير التكاليف. كما يأخذ الفريق المصمم بالاعتبار مختلف النواحي البيئية والاجتماعية والاقتصادية والفنية التي ذكرناها سابقاً.

ونبين فيما يلي أهم الأعمال المساحية التي يتوجب إنجازها في هذه المرحلة:

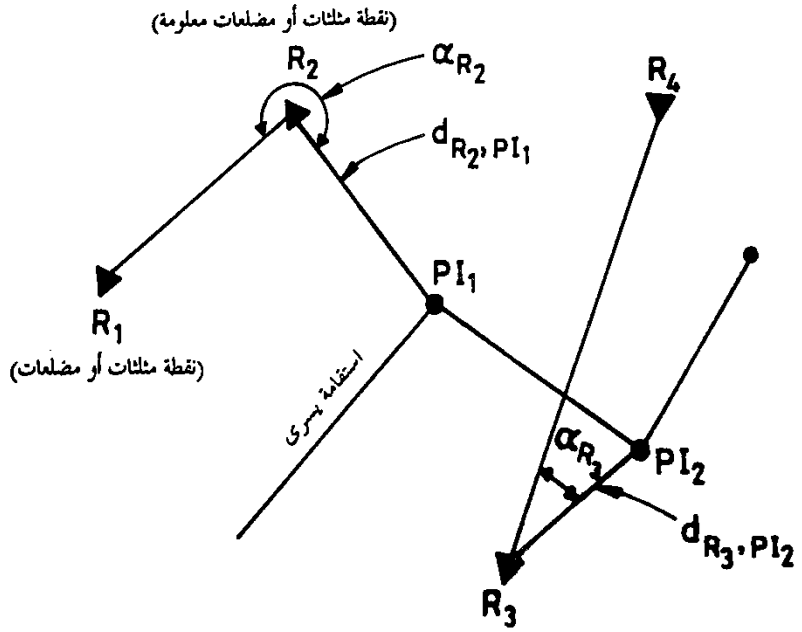
٣- مرحلة الأعمال المساحية النهائية

٣-١- نقل أو تنزيل المسار الأفضل من المخطط إلى الأرض.

بعد تحديد المسار الأفضل يتم نقله من المخطط إلى الأرض وفق الخطوات التالية:

٣-١-١- نقل نقاط التقاطع (Points of Intersections,Pis)

هنا يجري البحث على المخططات الطبوغرافية عن أقرب نقطتي مثلثات مرجعيتين لنقطة التقاطع من أجل تحديد العناصر الهندسية الضرورية لنقل وتوقيع نقطة تقاطع ضلعي المضلع.



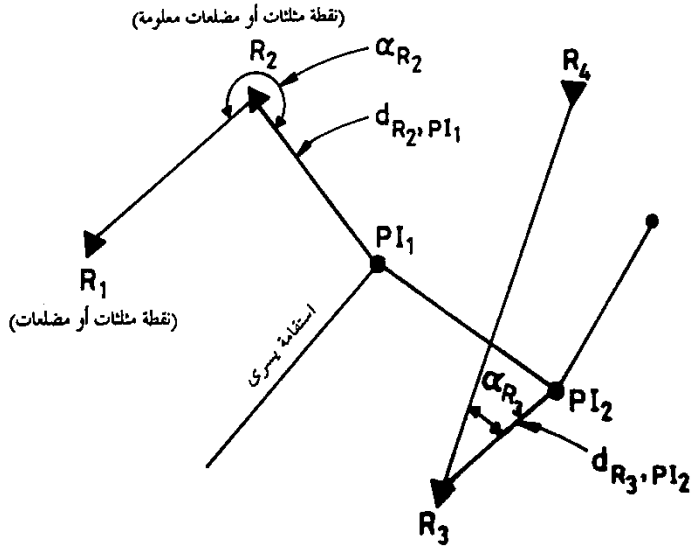
٣- مرحلة الأعمال المساحية النهائية

٣-١- نقل أو تنزيل المسار الأفضل من المخطط إلى الأرض.

بعد تحديد المسار الأفضل يتم نقله من
المخطط إلى الأرض وفق الخطوات التالية:

٣-١-١- نقل نقاط التقاطع:

فعلى سبيل المثال، لنقل النقطة PI1 نبحث عن
النقاط المرجعية المجاورة ، ولتكن R1 و R2
(النقطتان محددتان وموجودتان في الطبيعة).

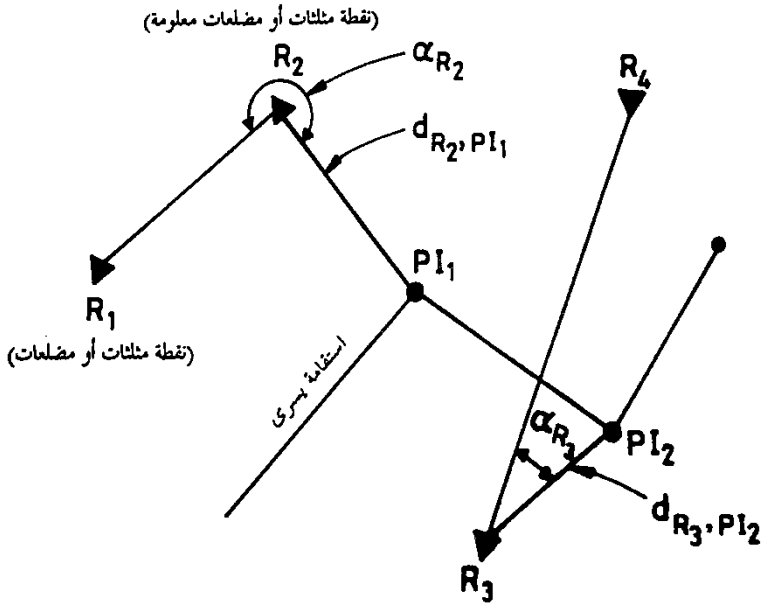


وبالتالي نحدد موقع النقطة PI1 بقياس الزاوية (على المخطط)

α_{R2} والمسافة الأفقية d_{R2-PI1} .

٣- مرحلة الأعمال المساحية النهائية

٣-١- نقل أو تنزيل المسار الأفضل من المخطط إلى الأرض.



وبعد تجسيد النقاط في الطبيعة نقوم بقياس

عناصر المضلع والقياس الدقيق للزوايا والأضلاع،

والحساب الدقيق للإحداثيات والارتفاعات.

٤

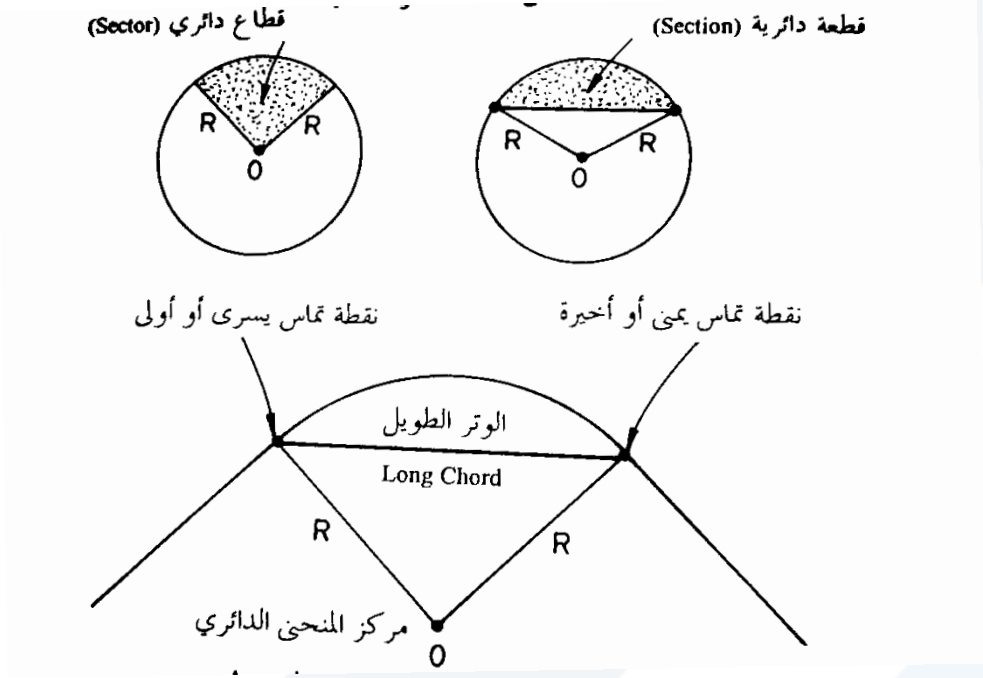
المنحنيات الأفقية الدائرية

١- مقدمة

نستعرض في هذه الفقرة المنحني الأفقي الدائري الذي نستخدمه في وصل الخطوط المستقيمة، وكذلك العناصر التصميمية والاشتقاقات وتهيئة المعلومات الضرورية لعملية نقل وتجسيد المنحني في الطبيعة.

يتكون هذا المنحني من جزء من دائرة ذات نصف قطر محدد وثابت.

ونورد فيما يلي الحسابات والطرق الخاصة بتصميم وتجسيد وتوقيع هذا المنحني الدائري:

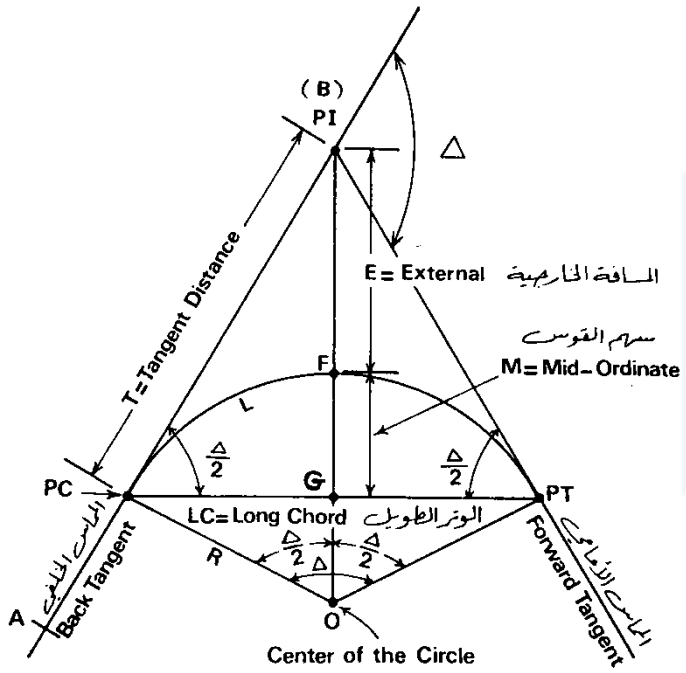


٢ - عناصر المنحني الدائري البسيط

بالإعتماد على الشكل المرافق نبين العناصر الرئيسية للمنحني الدائري البسيط.

٢-١- الذروة أو رأس المنحني (Vertex or Point of Intersection: PI) :

وهي نقطة تقاطع المماسين أو المستقيمين.



٢-٢- زاوية الانحراف (Deflection Angle):

ونرمز لها بِـ Δ . وهي تساوي قيمة الزاوية المركزية التي تحدد المنحني المذكور.

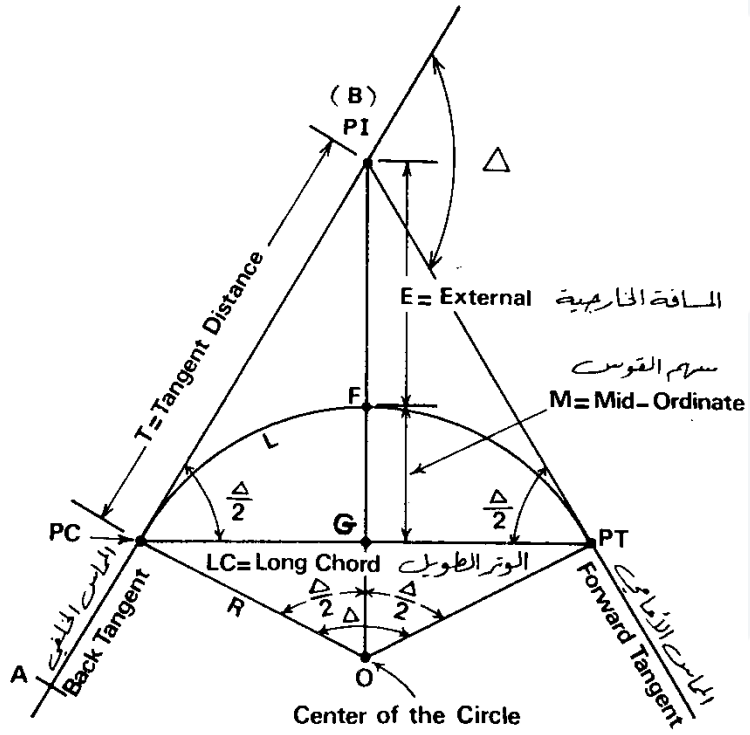
٢-٣- المماسان (The Two Tangents) : ونرمز لكل منهما بالرمز T. ويُسمى المماس الأيسر بالمماس الخلفي، والمماس الأيمن بالنسبة التقاطع بالمماس الأمامي.

٢ - عناصر المنحني الدائري البسيط

بالإعتماد على الشكل المرافق نبين العناصر الئيسية للمنحني الدائري البسيط.

٢ -٤ – نقطة بداية المنحني (Point of Curvature):

ونرمزلها بالرمز PC.



٢ - ٥- نقطة نهاية المنحني (Point of Tangency: PT

٢ - ٦- الخط المستقيم الواصل بين نقطتي التماس

ويُسمى الوتر الطويل (Long Chord: LC).

٢ – ٧ – نصف القطر : (Radius: R).

٢ – ٨ – طول المنحني : (Length of Curve: L).

٢ – ٩ – المسافة الخارجية: (External Distance: E

٢ - عناصر المنحني الدائري البسيط

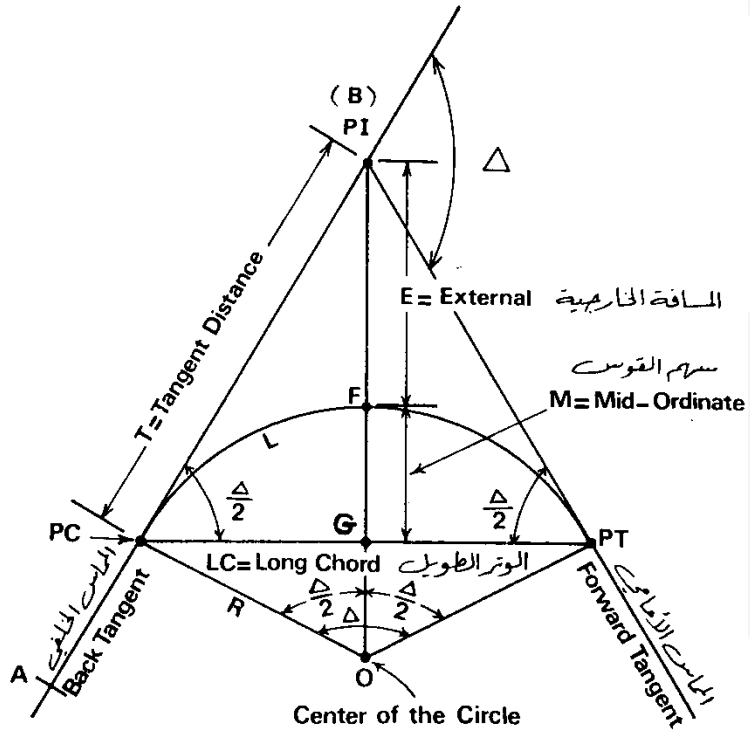
بالإعتماد على الشكل المرافق نبين العناصر الرئيسية للمنحني الدائري البسيط.

٢ - ١٠ – سهم القوس (Middle Ordinate: M).

وهو يساوي المسافة نقطة منتصف المنحني

وبين نقطة منتصف الوتر الطويل.

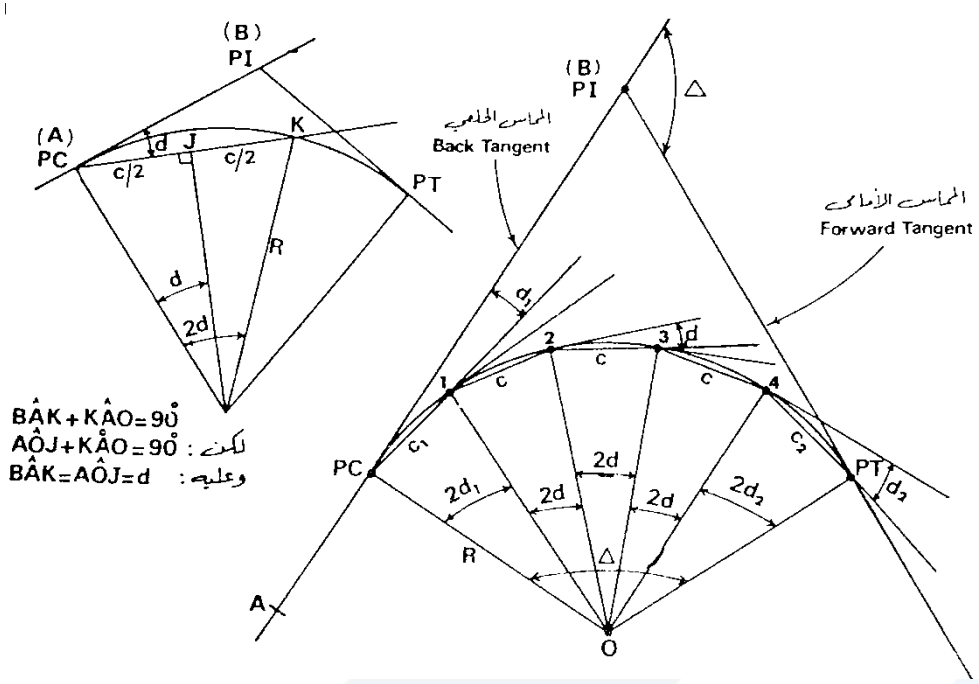
٢ - ١١ – مركز المنحني: (Curve Center: O).



٢ - عناصر المنحني الدائري البسيط

بالإعتماد على الشكل المرافق نبين العناصر الرئيسية للمنحني الدائري البسيط.

٢ - ١٢ – الوتر الجزئي الأول (First Partial Chord: C1).



وهو طول الخط المستقيم الذي يصل نقطة التماس الأولى بأول نقطة على المنحني. ودوماً يُعطى طول الوتر الجزئي الأول بحيث تصبح محطة النقطة الأولى من المنحني رقماً مُدوراً يقبل القسمة على 20 أو 25.

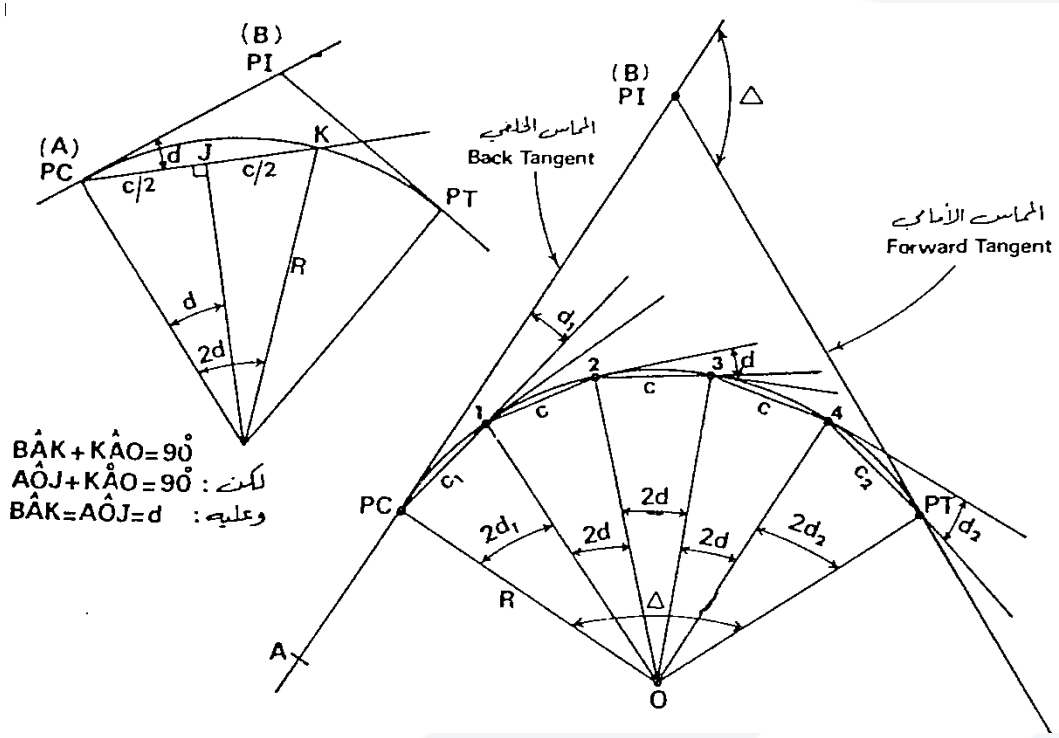
٢-١٣ – الوتر الجزئي الأوسط (C): وهو طول

الخط المستقيم الذي يصل بين أي نقطتين متتاليتين من المنحني ماعدا الأولى والأخيرة.

وغالباً يساوي : 10, 20 , 25 m.

٢ - عناصر المنحني الدائري البسيط

بالإعتماد على الشكل المرافق نبين العناصر الرئيسية للمنحني الدائري البسيط.



٢ - ١٤ – الوتر الجزئي النهائي (Last Partial Chord: C2):

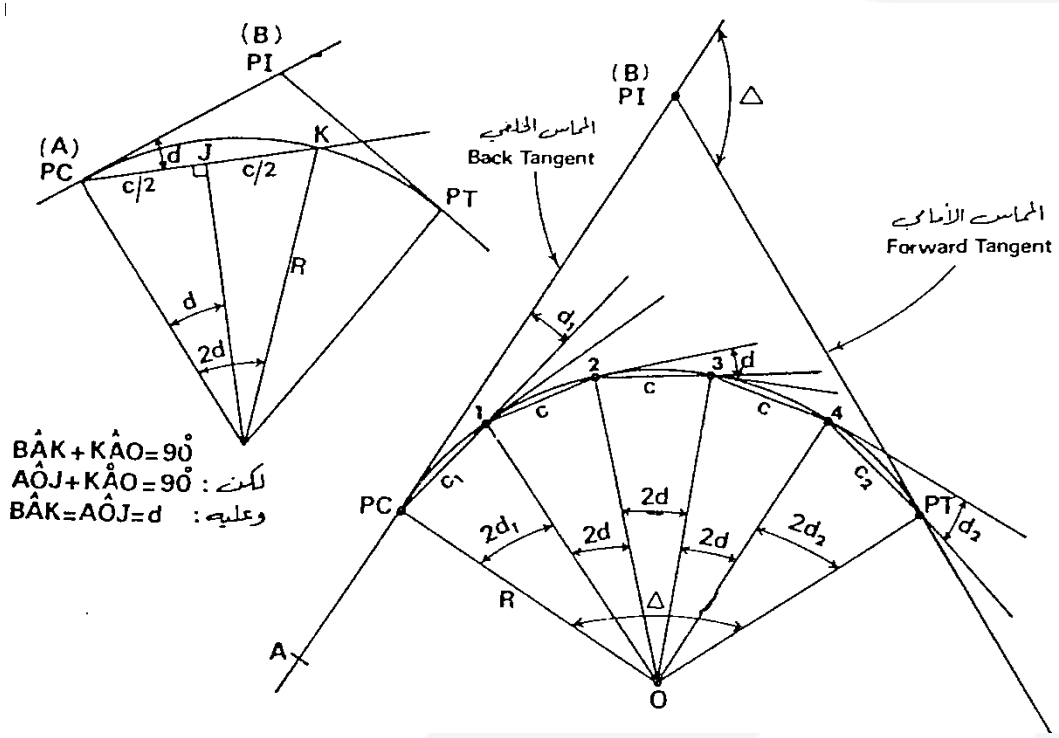
طول الخط المستقيم الذي يصل نقطة التماس الثانية بالنقطة التي تسبقها مباشرةً.

٢ - ١٥ – زاوية الانحراف الجزئية الأولى (d1):

الزاوية المحيطية المحصورة بين المماس الخلفي وبين الوتر الجزئي الأول، وهي تساوي نصف الزاوية المركزية التي تحصر نفس القوس الجزئي الأول.

٢ - عناصر المنحني الدائري البسيط

بالإعتماد على الشكل المرافق نبين العناصر الرئيسية للمنحني الدائري البسيط.



٢ - ١٦- زاوية الانحراف الجزئية الوسطى(d):

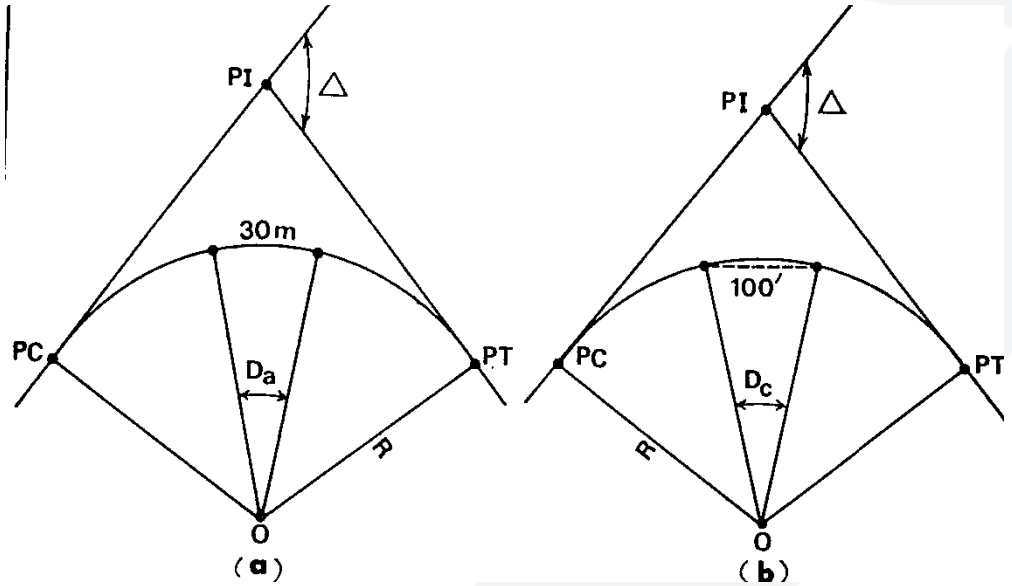
وهي الزاوية المحيطية المحصورة بين أي وتر جزئي أوسط وبين مماس المنحني الدائري في نقطة بداية هذا الوترالجزئي الأوسط.

٢ - ١٥- زاوية الانحراف الجزئية النهائية (d2):

الزاوية المحيطية المحصورة بين الوتر الجزئي النهائي وبين المماس للمنحني الدائري في نقطة بداية هذا الوتر الجزئي النهائي (أي المماس للمنحني في النقطة التي تسبق مباشرةً نقطة التماس الثانية).

٣- نصف القطر ودرجة الانحناء

(Radius and Degree of Curvature)

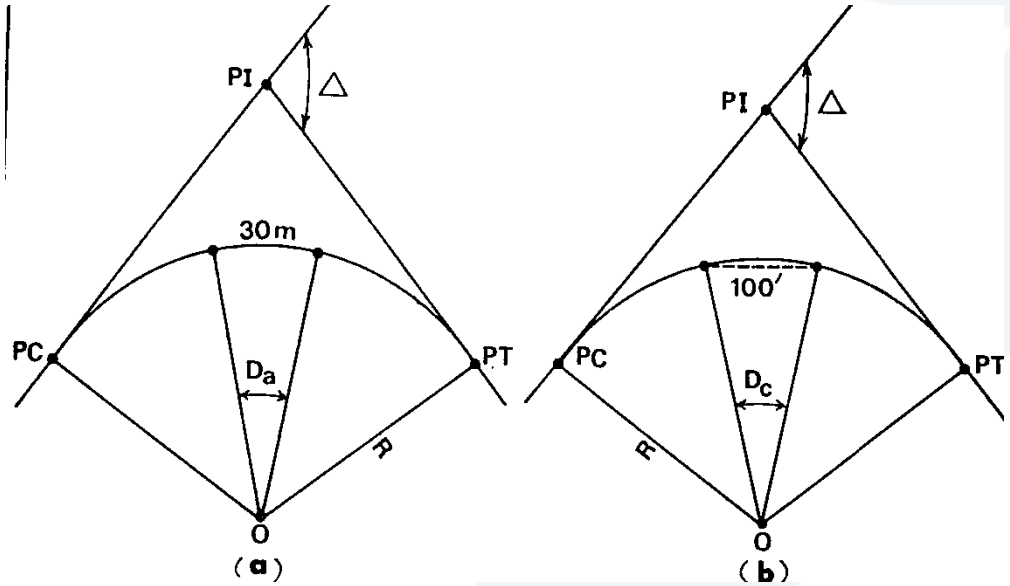


يمكن تعريف المنحني الدائري البسيط من خلال معرفة درجة الانحناء أو التقوس، أو من خلال معرفة نصف قطر المنحني.

تُعرفُ درجة الانحناء بمقدار الزاوية المركزية المقابلة أو المحددة لوتر لأو قوس ذي طول محدد أو مُصطَلَحٌ عليه (20 , 25 , 30 m). كما يظهر في الشكل بجانبه. ويختلف هذا الطول من بلد لآخر.

٣- نصف القطر ودرجة الانحناء

(Radius and Degree of Curvature)



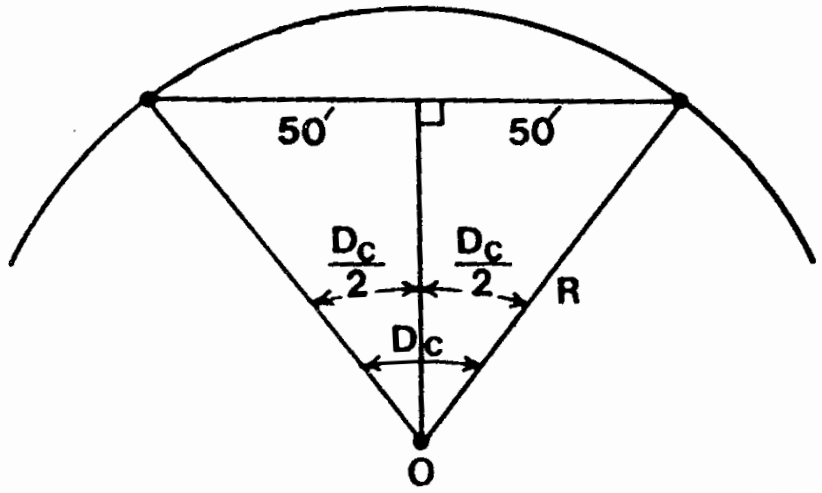
فمثلاً في مصر يقولون:
درجة المنحني تساوي مقدار الزاوية المركزية التي تقابل قوساً طوله 20 m. ويمكن أيضاً القول بأن درجة المنحني تساوي قيمة الزاوية المركزية التي تقابل قوساً طوله 30 m على سبيل المثال. وفي بريطانيا تقابل درجة الانحناء وتراً طوله 100 قدم .

٣- نصف القطر ودرجة الانحناء

علاقة نصف القطر بدرجة المنحني:

في حالة التعريف الوتري لدرجة انحناء المنحني،

يمكن كتابة العلاقات التالية (الحالة البريطانية):



$$\sin\frac{D_C}{2}=\frac{50'}{R}\Rightarrow R=\frac{50'}{\sin\frac{D_C}{2}}$$

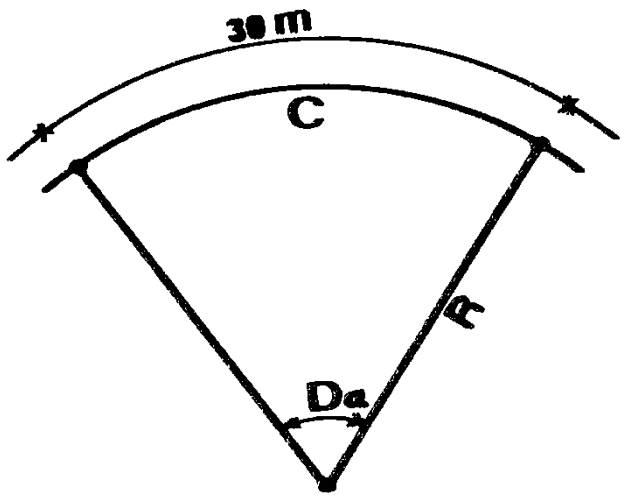
ويكون طول المنحني:

$$\frac{L}{\Delta}=\frac{100'}{D_C}\Rightarrow L=100'\cdot\frac{\Delta}{D_C}\quad(feet)$$

٣- نصف القطر ودرجة الانحناء

علاقة نصف القطر بدرجة المنحني:

وإذا كان طول القوس (وفق التعريف القوسي) مساوياً 30 m يكون:



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

$$R=\frac{1718.873}{D_a}\Rightarrow$$

$$L=30\cdot\frac{\Delta}{D_a}$$

معادلات المنحني الدائري

نذكر الحقائق الآتية:

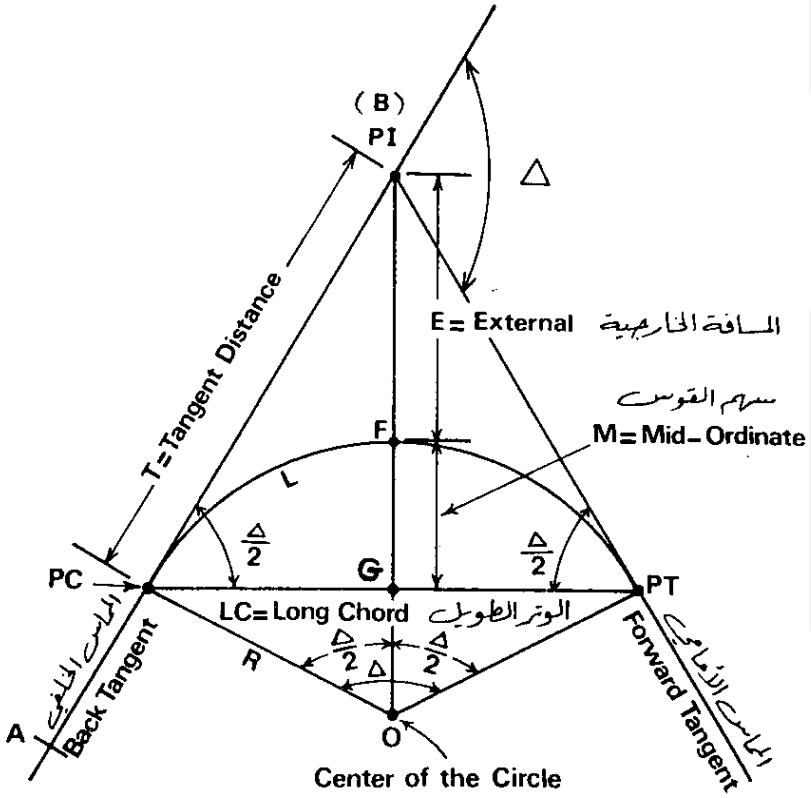
١- إذا رُسِمَ من نقطة مماسان لقوسٍ دائري يكونان متساويان في الطول.

٢- المماس للمنحني الدائري في نقطة ما يتعامد مع نصف قطر هذا المنحني الماربنقطة التماس.

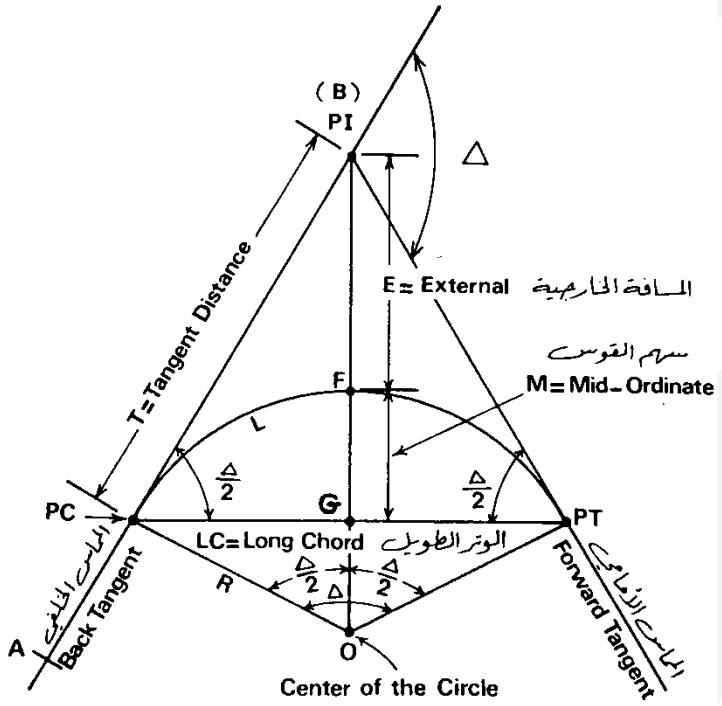
مما سبق نستنتج أن المثلثين (PI,PT,O) و (PI,PC,O) متطابقان لتساوي الأضلاع المتقابلة . وبالتالي فإن الضلع المشترك (PI,O) ينصف الزاوية المركزية O.

أي أن الزاويتان (PT,O,G) و (PC,O G) متساويتان.

وكلٌ منهما تساوي $\frac{\Delta}{2}$.



معادلات المنحني الدائري

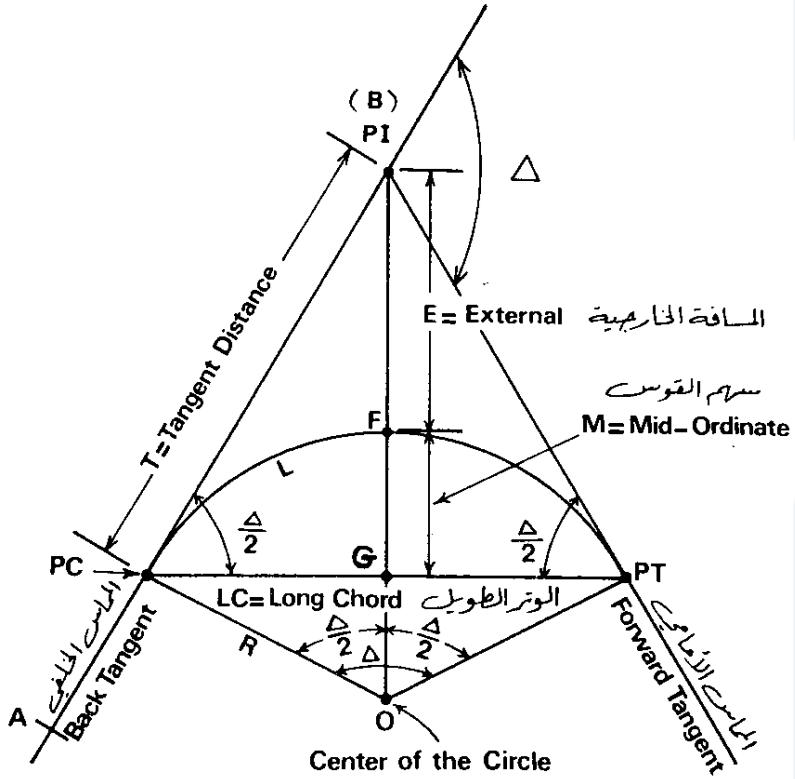


وبذلك يمكن البرهان أن المثلثين القائمين:

(PC,O,G) و (PT,O,G)

متطابقان لتساوي ضلعين والزاوية المحصورة بينهما.

بمعرفة زاوية انحراف المماسين Δ (يتم قياسها في الطبيعة)، ونصف قطر المنحني R (يُحسب من العلاقات السابقة بدلالة درجة الانحناء) يمكننا كتابة معادلات المنحني الدائري البسيط التالية:



- طول المماس (T):

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

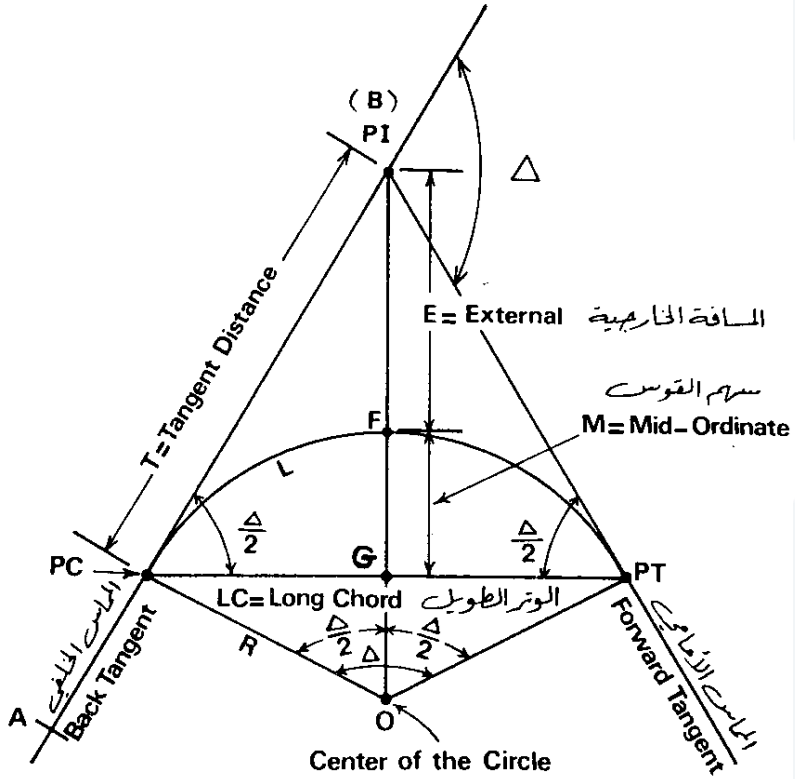
- طول المسافة الخارجية (E):

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

- طول سهم القوس (M):

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

بمعرفة زاوية انحراف المماسين Δ (يتم قياسها في الطبيعة)،
ونصف قطر المنحني R (يُحسب من العلاقات السابقة بدلالة درجة الانحناء) يمكننا كتابة معادلات المنحني الدائري البسيط التالية:



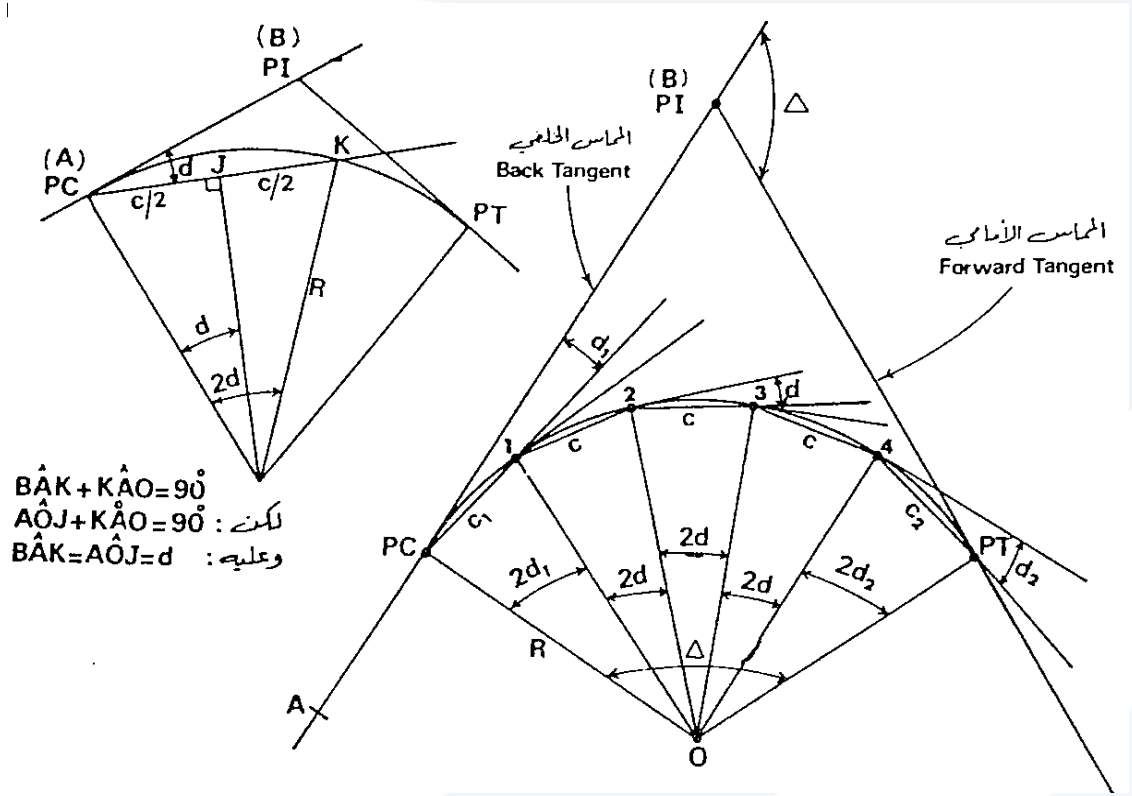
- طول الوتر الطويل (LC):

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

- طول المنحني (L):

$$L = 2\pi \cdot R \cdot \frac{\Delta}{360^o}$$

زو ايا الانحراف وأطوال الأوتار والأقواس الجزئية



١- قيم زو ايا الانحراف الجزئية (d):

يُحسَبُ من العلاقة التالية:

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

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

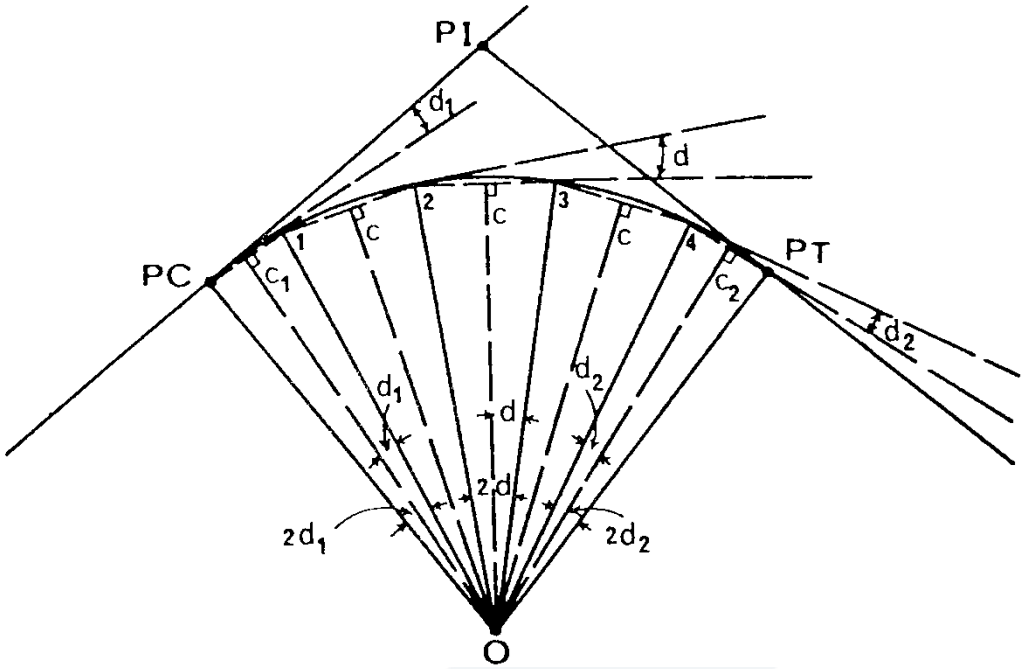
حيث تمثل c طول القوس الدائري الجزئي و R نصف قطر المنحني الدائري.

زو ايا الانحراف وأطوال الأوتاروالأقواس الجزئية

٢- أطوال الأوتار الجزئية الجزئية (c):

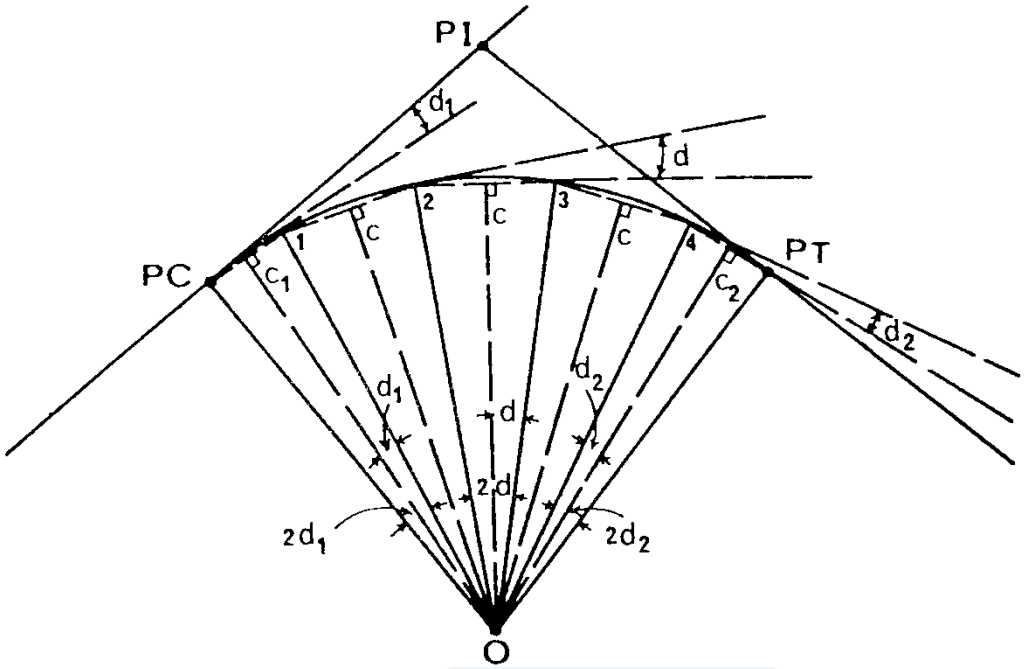
يُحسَبُ من العلاقة التالية:

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



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

تخطيط المنحنيات الدائرية وتوقيعها



انتهت المحاضرة