الثيودولايت ***The Theodolite***

مقدمة:

الثيودولايت هو جهاز لقياس الزوايا وهو معروف من زمن بعيد ولم تتغير نظريته حتى الآن ، وهو عبارة عن منقلة أفقية دائرية مقسمة ومدرجة إلـــي 360ْ علـــي هيئة قوس وفي مركزها يتحرك الاليداد حركة دائرية والمجموعة كلها مركبة علي حامل . واسم الثيودولايت أغلب الظن مشتق من كلمة دقيقا العربية الأصل .

وأول صناعة جديدة للثيودولايت كان في انجلترا في القرن السابع عشر بواســطة رام سدن Ram sden ولا يزال أول جهازان استعملا موجودان فـــي متحـــف العلوم بلندن وفي الجمعية الملكية .

ويعتبر الثيودولايت أدق الأجهزة المستعملة في قياس الزوايا ، سواء الزوايا الأفقية أو الزوايا الراسية ولذلك فإنه يستعمل في كافة العمليات المساحية التي تحتاج لدقة كبيرة في الأرصاد مثل الأرصاد الفلكية والشبكات المثلثية كما يستعمل في قيـــاس زوايا المضلع وأعمال التخطيط والتوجيه الدقيقة .

وقد تطورت أجهزة الثيودولايت في السنوات الأخيرة تطورا سريعا فبعد أن كـــان الثيودوليت ذو الورنية ثم الثيودوليت ذو الميكرومتر ف الثيودولايـــت الـــضوئي ، أصبح الآن الثيودولايت الالكتروني الرقمي و ثيودوليت الليزر ، وأمكـــن جهـــاز الثيودولايت من قياس الزوايا الأفقية والراسية وكذلك المسافات الكترونيا .

تركيب الثيودواليت :

يتركب الثيودولايت عموما من جزأين رئيسيين هما :

- الجزء العلوي – ويسمي الاليداد الذي يحمل المحور الأفقي والدائرة الراســية والمنظار .

· الجزء السفلي – ويشمل القاعدة وهو الجزء الثابت بالجهاز ويحمل علي ثلاث مسامير تسوية محصورة بين قرصين دائريين .

· وبين الجزأين العلوي والسفلي توجد الدائرة الأفقية .

والثلاثة أجزاء (العلوي والسفلي والدائرة الأفقية) أحرار في الحركة حول المحور الراسي ويتصلون مع بعضهم البعض بواسطة نوعين من مسامير الحركة وهم :

- مجموعة حركة تربط الجزء العلوي بالدائرة الأفقية أحدهم للحركة السريعة و الأخرى للبطيئة .
- مجموعة تربط الدائرة الأفقية بالجزء السفلي أحدهم للحركة السريعة والأخر للبطيئة .

وفيما يلي شرح للأجزاء بالتفصيل :

أولا : الجزء العلوي :

1. الاليداد : وهو عبارة عن حاملين راسيين يحملان محور دوران المنظار وهذان الحاملان يثبتان علي قاعدة دائرية يثبت عليها علامتي القياس علي احدي قطريها ، أعلا هذه القاعدة يوجد ميزان تسوية اسطواني ويثبت أسفلها مخروط يحدد محور دوران الاليداد ويلاحظ الأتي :

- محور دوران المنظار عمودي علي محور دوران الاليداد .
- محور دوران الاليداد عمودي علي محور ميزان التسوية الاسطواني ز
- محور دوران الاليداد عمودي علي مركز دوران الدائرة الأفقية .

2. ***المنظار*** : ويركب المنظار علي محور طولي يسمي محـــور دوران المنظـــار ويجب ملاحظة الأتي :

- يجب أن يلف المنظار دورة كاملة حول محوره .
- خط النظر في المنظار يصنع أثناء لفه حـــول محـــوره الطـــولي مـــستوي عمودي علي اتجاه محوره .

ويتكون المنظار من الأتي :

أ . عدسة شيئية مجمعة تعطي للهدف المرصود صورة حقيقة معتدلـــة أو مقلوبـــة مصغرة ، وتتكون عادة من مجموعة من العدسات المتقاربة وذلك لتفادي بعـــض الأخطاء المصاحبة للعدسة الواحدة , وتغطي العدسة الشيئية بمادة خاصة لحمايتها من الأتربة وتقلل من نسبة عكسها للضوء .

ب . حامل الشعرات : وهو عبارة عن قرص صغير من الزجاج الشفاف ويثبـــت عليه خطين متعامدين ومتناهين في الدقة ، ويتم تثبيتها علي القرص الزجاجي إما بالحفر أو بواسطة التصوير .

وحامل الشعرات له أهمية كبيرة في المنظار المساحي لأنه يحدد خط النظر الـــذي نستعمله في التوجيه واستقبال صورة الهدف المرصود . وتختلف أشكال الخطـــوط المبينة علي القرص الزجاجي حسب الغرض من استعمال المنظار . ونقطة تقاطع الشعرات هي النقطة التي في منتصف القرص والناتجة من تقاطع الشعرتين الأفقية والراسية .

جـــ . العدسة العينية : وتتكون من عدسة مركبة لتفادي بعض أخطـــاء العدســـات المفردة وعادة تكون ذو قطر صغير يتناسب مع فتحة حدقـــة العـــين ، وتوضـــع

العدسة العينية من حامل الشعرات علي مسافة أقل من بعدها البؤري لتتكـــون لـــه صورة تقديرية معتدلة مكبرة .

د . عدسة التطبيق : وهي عدسة مفرقة داخل المنظار بين العدسة الشيئية وحامـــل الشعرات وتتصل هذه العدسة بمسمار التطبيق لتحريكها حتى نحصل علي البعـــد البؤري المكافئ لتطبيق صورة الهدف المرصود علي مستوي حامل الشعرات.

ثانياً : الدائرة الأفقية :

تصنع الدائرة الأفقية من الزجاج ويتم عمل تقسيم دقيق جداً لها ومتقـــارب علـــي المادة الزجاجية ويمكن القياس عليها بدقة ولذا فأقطار الدوائر الأفقية قد لا يزيـــد عن عشرة سنتيمترات ، وفي الإمكان قراءة جزء من عشره من الثانية عليها .

ثالثا : القاعدة :

وهو الجزء الثابت بالجهاز وهو عبارة عن ثلاث مسامير للتسوية محصورة بـــين قرصين دائريين ، القرص العلوي لتثبيت الاليداد والقرص السفلي فهـــو لتثبيـــت الجهاز علي الحامل .

شروط ضبط الثيودوليت :

يعتبر ضبط الأجهزة من الأمور ذات الأهمية القصوي للراصد الـــذي لابـــد وان يكون قادرا علي اختبار الجهاز الذي يعمل حتى لا يقوم بعمل وجهازه به عيب أو خطأ يؤدي إلي نتائج خاطئه . وتنقسم شروط ضبط الثيودولايـــت إلـــي قـــسمين رئيسيين هما :

الوحدة النمطية الثانية:

فحص وضبط الجهاز لجميع انواع الفحوصات الرأسية والافقية ثم ايجاد الجهاز

النظرة الشاملة:

الفئة المستهدفة

طلاب المرحلة الثانية في فرع البناء والانشاءات قسم تقنيات الهندسة المدنية

مبررات الوحدة:

يتعلم الطالب فحص وضبط جهاز الثيودولايت ولجميع انواع قياس الزوايا الافقية والراسية وايجاد ثابت الجهاز.

اهداف الوحدة:

بعد انتهاء الوحدة يكون الطالب قادرا على :

1- فحص وضبط جهاز الثيودولايت في القياسات الافقية

2- فحص وضبط جهاز الثيودولايت في القياسات الراسية

3- ايجاد ثابت الجهاز

شروط ضبط الثيودوليت :

يعتبر ضبط الأجهزة من الأمور ذات الأهمية القصوي للراصد الذي لابد وان يكون قادرا علي اختبار الجهاز الذي يعمل حتى لا يقوم بعمل وجهازه به عيب أو خطأ يؤدي إلي نتائج خاطئه . وتنقسم شروط ضبط الثيودوليت إلي قسمين رئيسيين هما :

1. شروط الضبط المؤقت :

وهي شروط تجري كلما اعد الجهاز للرصد والقياس سواء كانت زوايا أفقية أو راسية وتنتهي هذه الشروط برفع الجهاز من مكان الرصد ، ويمكن تلخيص خطواتها علي النحو الأتي :

التسامت :

وهو وضع الجهاز بحيث يكون مركزه أو امتداد محوره الراسي الذي يعينه سن الشاغول المتدلي منه فوق الوتد ولإجراء عملية التسامت نتبع الخطوات ألأتيه :

1. نضع الجهاز فوق الحامل قريبا من مركز الوتد مع فرد الأرجل بحيث يكون ارتفاع الجهاز مناسب .
2. نحرك شعبتين من شعب أرجل الحامل إلي الداخل أو الخارج في حركة قطرية بالنسبة للوتد حتى يصبح الجهاز أفقيا فوق النقطة وذلك باستخدام التسامت الضوئي.

أفقية الجهاز:

ويتم ذلك بأن نجعل ميزان التسوية الطولي الخاص بالدائرة الأفقية موازيا لأي مسمارين من مسامير التسوية الثلاثة ، وندير هذين المسمارين معا إما للداخل أو الخارج حتى تثبت في منتصف مجراها ، ثم نجعل ميزان التسوية عموديا علي وضعه الأول ، ونحرك المسمار الثالث حتى تصير الفقاعة في منتصف مجراها ونكرر العمل حتى تستقر الفقاعة في منتصف مجراها

التطبيق:

نوجه المنظار نحو هدف فاتح اللون أو إلي ورقة بيضاء ونحرك العينية حتى يظهر حامل الشعرات بوضوح وفي هذه الحالة نجد صورة حامل الشعرات تقع علي قاع العين ، نطبق صورة الهدف المتكونة من الشيئية علي حامل الشعرات بواسطة مسمار التطبيق .

3- شروط الضبط الدائم للثيودوليت:

للثيودوليت أربعة محاور رئيسية إما متوازية أو متعامدة مع بعضها البعض وهي التي بني عليها الثيودوليت نظريته . ولكي يكون الثيودوليت في حاله مضبوطة وسليمة دائمة يجب يحقق الثيودوليت الأوضاع ألأتيه علي الترتيب الأتي :

1- يجب تعامد المحور الراسي (وهو محور خيط الشاغول المعلق في قاعدة الثيودوليت) مع المحور الأفقي لميزان التسوية الطولي الموجود بين الحاملين الراسيين للأليداد .

2- يجب تعامد خط النظر (محور خط الانطباق الخاص بالمنظار) مع محور دوران المنظار الأفقي .

3-يجب تعامد محور دوران المنظار الأفقي مع المحور الراسي .

4- يجب أن يكون المحور الأفقي لصفر الدائرة الراسية موازيا لمحور خط النظر عندما يكون أفقيا .

العيوب التي لايمكن ضبطها وتصحيحها :

1- تنشأ غالبا من الصناعة ولا يتيسر تصحيحها إلا في المصنع ومن هذه العيوب :

2- عدم ثبات أجزاء الثيودوليت عند أجزاء الحركة أي عدم مرونتها .

3 - عدم دوران الجهاز حركة دائرية تماما يسبب عدم انتظام استدارة قطاع المحور الراسي .

4- عدم تساوي التدريج علي الدائرة الأفقية والراسية .

الاحتياطيات الواجب أخذها عند الرصد بالثيودوليت لزيادة الدقة ولتلافى بعض الأخطاء الآلية:

1 - قياس الزوايا في الوضعيين المتيامن والمتياسر وأخذ المعدل للنتيجتين .

2- أخذ الأرصاد علي عدة أقواس حسب الدقة المطلوبة وذلك لتلاشي خطأ التقسيم علي الحافة الأفقية .

3- تؤخذ الأرصاد من اليمين إلي اليسار والنصف الأخر من اليسار إلي اليمين وذلك لتلافي خطأ القياس نتيجة التواء الجهاز أو حامله نتيجة الحرارة .

الوحدة النمطية الثالثة:

طرق قياس الافقية بجهاز الثيودولايت

اهداف الوحدة:

يتعلم الطالب الطرق المختلفة لقياس الزوايا الافقية بجهاز الثيودولايت

العيوب التي لايمكن ضبطها وتصحيحها :

1- تنشأ غالبا من الصناعة ولا يتيسر تصحيحها إلا في المصنع ومن هذه العيوب :

2- عدم ثبات أجزاء الثيودوليت عند أجزاء الحركة أي عدم مرونتها .

3 - عدم دوران الجهاز حركة دائرية تماما يسبب عدم انتظام استدارة قطاع المحور الراسي .

4- عدم تساوي التدريج علي الدائرة الأفقية والراسية .

الاحتياطيات الواجب أخذها عند الرصد بالثيودوليت لزيادة الدقة ولتلافى بعض الأخطاء الآلية:

1 - قياس الزوايا في الوضعيين المتيامن والمتياسر وأخذ المعدل للنتيجتين .

2- أخذ الأرصاد علي عدة أقواس حسب الدقة المطلوبة وذلك لتلاشي خطأ التقسيم علي الحافة الأفقية .

3- تؤخذ الأرصاد من اليمين إلي اليسار والنصف الأخر من اليسار إلي اليمين وذلك لتلافي خطأ القياس نتيجة التواء الجهاز أو حامله نتيجة الحرارة .

الوحدة النمطية الثالثة:

طرق قياس الافقية بجهاز الثيودولايت

اهداف الوحدة:

يتعلم الطالب الطرق المختلفة لقياس الزوايا الافقية بجهاز الثيودولايت

طريقة قياس الزوايا الأفقية:

لقياس الزاويه الافقيه LMN نثبت الجهاز على الحامل و نسامته فوق النقطهM ثم نجعله افقيا و نثبت الدائره الافقيه مع القاعده و نحرك الاليداد فوق الدائره حتى نصل الى النقطه N

ثم عن طريق الضغط على مفتاح تصفير الزاويه حتى يعطى القراءه على الشاشه صفر ثم نحرك المنظار الى نقطة L ثم نقراء الزاويه من على الشاشه و نكرر العمليه و ناخذ متوسط القراءات للحصول على اعلى دقة فى قياس الزاويه.

يمكن قراءة الزاوية على هدة اقواس متتاليه و متلفه و هذاعن طريق تغير قراءة البداية لكل مرة لتلافى عدم تساوى اقسام الدائره الافقيه كما ان تكرار عملية القياس يقلل من تاثير اخطاء القراءه و التوجيه.

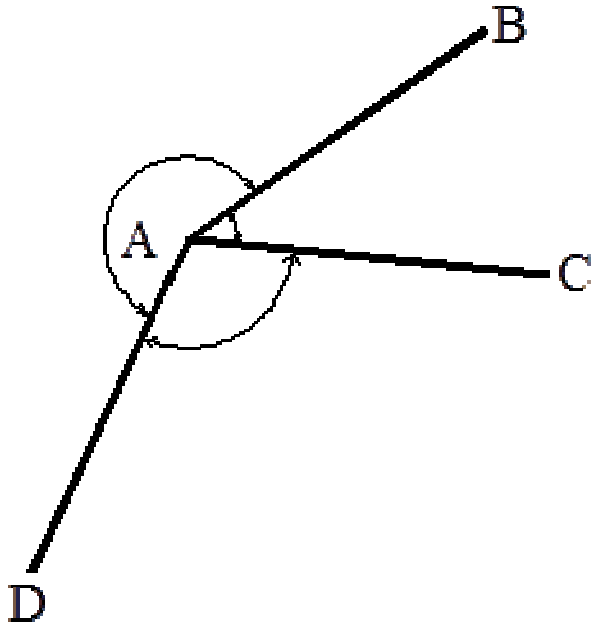
أما عن طرق قياس الزوايا الأفقية فتختلف الطرق تبعا لدقة الرصد وتبعا للغرض الذي من اجله وتبعا للأجهزة والإمكانيات المتاحة ، والطرق المختلفة يمكن تلخيصها في الأتي :

أولاً : طريقة التكرار The Repetitions Method

ثانياً : طريقة الاتجاهات Direction Method

طريقة الاتجاهات :

فى هذه الطريقة يتم قياس جميع الاتجاهات دفعه واحده فى كلا من الوضعين المتيامين و المتياسر كما يمكن القياس على عدة اقواس يتم اختيار اتجاه البدايه اكثر هذه الاتجاهات وضوحا و ليكن B و نوجه توجيها اساسيا و نسجل القراءه ثم نسجل القرءات بعد التوجيه على كلا من C,D ثم نقفل الافق عند الرصد على B مرة اخرى للتحقيق.



مثال لجدول ارصاد بطريقة التكرار:

			F.L	F.R	
	1	A	00 00 00	180 00 00	18 33 15
		B	18 33 10	198 33 10	
	2	A	18 33 15	198 33 25	18 33 15
		B	37 06 30	217 06 40	
M	3	A	37 06 35	217 06 37	18 33 18
		B	55 39 52	235 39 56	
	4	A	55 39 56	235 39 54	18 33 16
		B	74 13 08	254 13 14	

مثال : قياس الزوايا الأفقية بطريقة الاتجاهات:

		F.L	F.R		
	A	00 00 00	180 00 00	00 00 00	45 34 25
	B	45 34 30	225 34 20	45 34 25	87 42 10
M	C	133 17 00	313 16 10	133 16 35	113 11 54
	D	246 28 40	66 28 18	246 28 29	83 06 49
	E	329 35 12	149 35 24	329 35 18	30 24 42
	A	360 00 00	180 00 00	180 00 00	

تسقيط الزوايا الافقيه:

نسامت الجهاز فوق راس الزاويه ونجعله افقياو نوجه نحو نقطة بداية الزاويه توجيها اساسيا و الجهاز يقرا صفر ثم نحرك المنظار حتى نقرا على شاشة الجهاز الزاويه المطلوبه تقريبا ثم نقل مفتاح الحركة السريعه و نحرك المنظار بمفتاح الحركة البطيئه حتى نحصل على القراءه المطلويه على الشاشة.

- قياس زوايا المضلع
- حساب نقاط السيطرة
- استخدام المضلعات في الاعمال الهندسية

مضلعات التيودوليت:

ادق انواع المضلعات تلك التى تم رفعهابواسطة الثيودولايت و خاصة فى الاراضى الوعره والمناطق التى يصعب الوصول اليها.

فى مضلعات الثيودولايت تقاس الزوايا بين خطوط المضلع الثيودولايت و تسمى نقاط المضلع بالترتيب ضد عقارب الساعه و تقاس الزوايا الداخليه مع عقارب الساعه. و تقاي الاطوال بالشريط التيل او الصلب و لكن فى الارصادالدقيقه تقاس بالاجهزة الالكترونيه.

انواع المضلعات:

أ-مضلعات مقفله Closed Loop Traverse

ب – المضلع المربوط Tied Traverse

جـ المضلع المفتوح Open Traverse

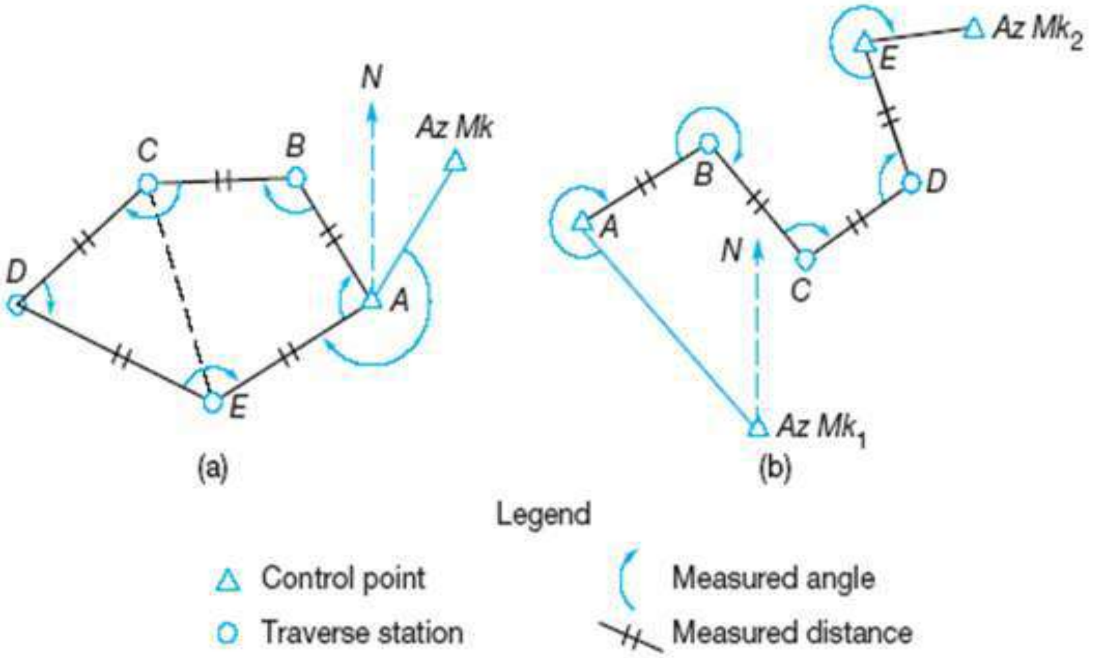
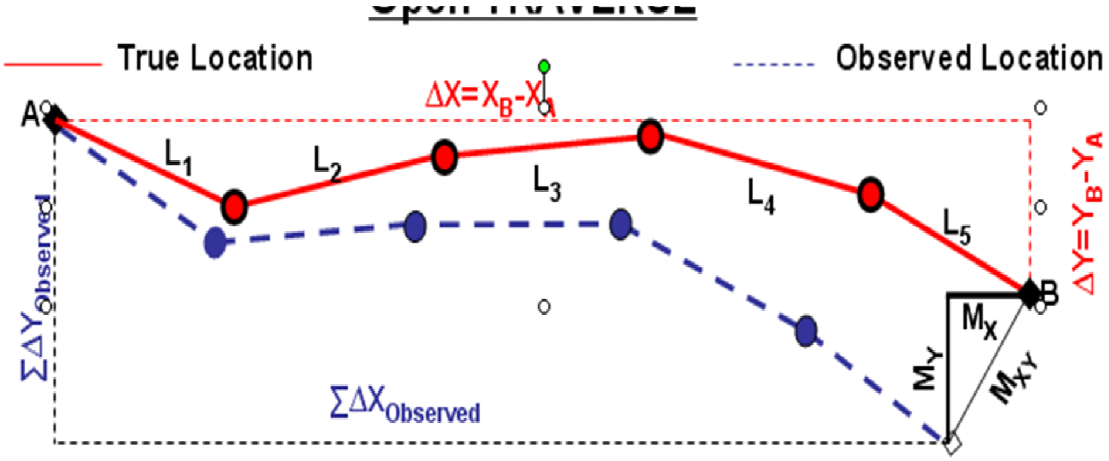


Figure 9–1 Examples of closed traverses.



المضلع المفتوح

الغرض من عمل المضلعات :

الغرض من عمل المضلعات بأنواعها المختلفة هوللحصول على شبكه من نقاط السيطرة الأفقية التي يستفاد منها في أعمال المسح الكادسترائي والمسح الإنشائي والمسح الطبوغرافي والمسح التصويري وعمال الطرق وغيرها من الأعمال الهندسية .

الوحدة النمطية الخامسة

قياس الزوايا الافقية الداخلية لمضلع مغلق وتصحيحها

مبررات الوحدة:

يتعلم الطالب عمل مضلع مغلق وقياس زواياه واطواله وتصحيحها باستخدام جهاز الثيودولايت ليستفاد منها في رفع مختلف المنشاءات الهندسية.

الافكار المركزية:

في عمل المضلعات يتم التركيز على الدقة في العمل لاهميتة في المشاريع الهندسية.

اهداف الوحدة:

1- يتعلم الطالب عمل مضلع مغلق

2- قياس زوايا المضلع

3- قياس اطوال المضلع

4- استخدام قوانين تصيح الاطوال والزوايا

الدقة فى ارصاد المضلعات بالتيودوليت:

- حيث N عدد زوايا المضلع
- قيمة الخطا المسموح به فى الزوايا هو

$$\theta = \Delta\theta\sqrt{N}$$

حساب المضلع المقفل و تصحيحه:

- المجموع الصحبح للزوايا الداخليه للمضلع = 180×(ن-2) درجه
- المحوع الصحيح للزوايا الخارجيه للمضلع = 180×(ن+2) درجه

حيث ن = عدد زوايا المضلع

يجب تصحيح الخطا و الذى يكون فى حدود المسموح به و توزيعه بالتساوى على الزوايا قبل اجراء تصحيح الاضلاع فقط (وان كانت الاخطاء فى الزوايا توزع بنسب مختلفه تعتمد على ظروف الرصد) و بعد اجراء التصحيح يتم التحقق من مجموع الزوايا الداخليه او الخارجيه.

- تحسب المركبات الافقيه (طول الخط جيب زاوية الانحراف للخط) و المركبات الراسيه (طول الخط جيب تمام زاوية الانحراف للخط)

بحيث لا تزيد نسبة الخطا لا تزيد عن 3000/1 الى 50000/1 و هذا حسب اهمية العمل التى فيه هذا الارصاد.

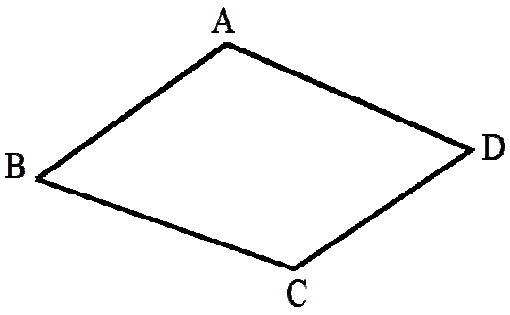
تصحيح مركبات الاضلاع:

$$\text{التصحيح فى المركبة الراسية لاى خط} = \frac{\text{مركبة خطا القفل} \times \text{المركبة الراسية للخط}}{\text{المجموع العدد للمركبات الراسية}}$$

$$\text{التصحيح فى المركبة الافقيه لاى خط} = \frac{\text{مركبة خطا القفل} \times \text{المركبة الافقية للخط}}{\text{المجموع العدد للمركبات الافيقة}}$$

الانحراف الامامى=الانحراف الخلفى للضلع السابق+الزاوية بين هذين الضلعين مقاسه فى اتجاه عقارب الساعة من الضلع السابق الى الضلع اللاحق.

Example



Point	Side	Length(m)	Angle
A			110° 20` 10`
	AB	101.95	
B			60° 10` 20`
	BC	93.21	
C			109° 30` 00`
	CD	81.30	
D			80° 00` 10`
	DA	70.33	
A			

الانحراف الامامى للضلع AB هو 225 درجه من اتجاه الشمال و احداثيات نقطة Aهو 1000,1000

Solution

Point	side	length	Measured angle	Correction in Angles	Corrected angle	Bearing الانحراف
A			110 20 10	-10	110 20 00	
	AB	101.95				225 00 00
B			60 10 20	-10	60 10 10	
	BC	93.21				105 10 10
C			109 30 00	-10	109 29 50	
	CD	81.30				34 40 00
D			80 00 10	-10	80 00 00	
	DA	70.33				294 40 00
A	Σ	346.79	360 00 40	-40	30 00 00	

Point	side	length	Bearing	Components		Corrections		Corr. Components		Coordinates	
				ΔX	ΔY	ΔX	ΔY	ΔX	ΔY	X	Y
A										1000	1000
	AB	101.95	225 00 00	-72.09	-72.09	-0.054	.098	-72.14	-71.99		
B										927.8	928.0
	BC	93.21	105 10 10	89.92	-24.4	-.067	.033	89.89	-24.36		
C										1017.7	903.6
	CD	81.30	34 40 00	46.24	66.87	-0.035	.091	46.21	66.96		
D										1063.96	970.6
	DA	70.33	294 40 00	-93.91	29.35	-0.048	0.04	-63.96	29.39		
A	Σ	346.79		272.21	192.7					1000	

Closing error=$[(.262)^2+(.204)^2]^{1/2}$=0.331m

rate of closing error=.331/346.79=1/10000

حيث توجد عدة طرق لقياس اطوال اضلاع المضلع اهمها:-

1. استخدام شريط القياس :-

يستخدم شريط القياس الحديدي "steel Tape" في قياس طول (المسافة الافقية) لكل ضلع من أضلاع المضلع مرتان "Two Times" على الاقل (ذهاب واياب)ويتم حساب المعدل ليمثل أفضل قيمة لطول كل ضلع وكذلك يتم حساب الخطاء القياسي لها

2- القياس الالكتروني :-

في هذه الطريقة يتم استخدام جهاز القياس الالكتروني للمسافات "Electronic Distance measurement" (EDM) او جهاز المحطة الكاملة Total station.

تتميز هذه الطريقة بالسرعة والإتقان العالي "high precision"

في الشكل ادناه , لغرض قياس طول (المسافة الافقية Dab)الضلع AB من اضلاع المضلع يتم نصب الجهاز "EDM"او"Total station " على المحطة A ويتم نصب العاكس "Reflector" في المحطة B ويتم قياس المسافة المائلة "slope Distance"(L) .

لغرض حساب المسافة الأفقية (Dab) المطلوبة يتم استبدال جهاز EDM بجهاز ثيودولايت لغرض لقياس الزاوية العمودية (VA) اوال Zenith angle(ZA). ويتم قياس الزاوية العمودية مرتان , الأولى والتلسكوب في وضع مباشر Dوالثانية والتلكسوب في وضع مقلوب R ومن ثم يتم حساب المسافة الأفقية (Dab), حيث أن:-

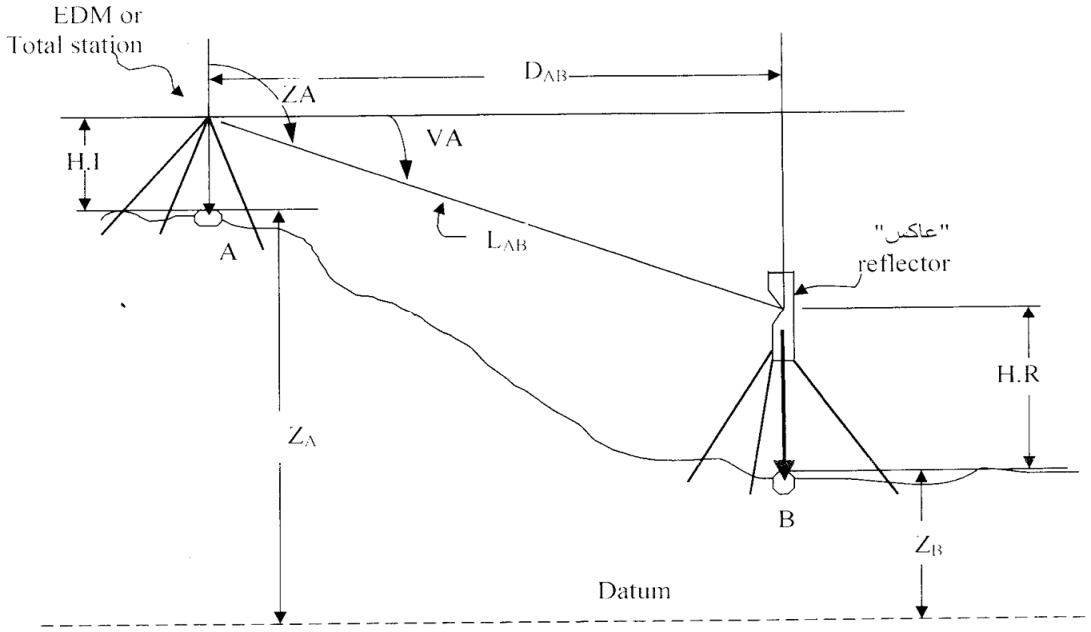
$$D_{AB}=L_{AB}\sin ZA.....$$

وكذلك

$$D_{AB}=L_{AB}\cos VA...$$

اما في حالة استخدام جهاز Total station والذي هو عبارة عن (جهاز Digital theodolites+جهازEDM) يتم قياس الزاوية العمودية مباشرة من خلال الجهاز تعرض القيمة الرقيمة لها ,اضافة الى حساب المسافة الافقية(Dab) وتعرض القيمة الرقمية لها ايضا

وبنفس الاسلوب يتم قياس اطوال جميع اضلاع المضلع ,ويتم تكرار القياس (ذهاب واياب) لتقليل تاثير الاخطاء المنتظمة الناجمة عن تكور الارض وانكسار الضوء اضافة الى الحصول على اتقان افضل للقياسات



3- القياس التاكيومتري Tacheometry

يمكن قياس طول المسافة الافقية لكل ضلع من اضلاع المضلع باحدى الطرق التاكيومترية الاتية :-

1- طريقة الستيديا Stadia methodمن خلال استخدام الثيودولايت ومسطرة التسوية

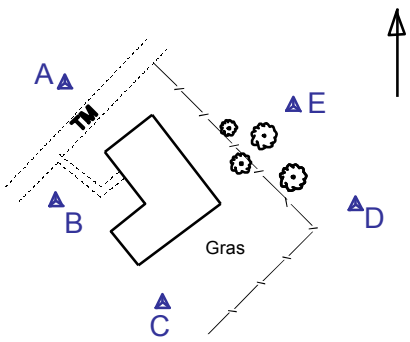
2- طريقة الضلال Tangential method من خلال استخدام الثيودولايت ومسطرة التسوية

3- طريقة ذراع الاسنادٍ Substance bar من خلال استخدام ذراع إسناد وجهاز ثيودولايت

رسم المضلعات

تعريف : المضلع هو سلسله متعاقبه من الخطوط التى قيست أطوالها والزوايا بينها بدقه عاليه والغرض من المضلعات هو زيادة عدد نقاط التحكم الافقى حيث تبدأ الاعمال المساحيه بنقطتين معلومتين فى الافقى فقط (أو نقطه وإتجاه)

ومن المؤكد أنه فى المشاريع الكبيره ستكون حاجه لأكثر من نقطتين معلومتين لرفع كل الموقع أو تسقيط كل المنشأ



إفرض فى الشكل المقابل أنك كلفت برفع حساب إحداثيات أركان مبنى والأشجار وغيره بالموقع وكنت قد أعطيت إحداثيات نقطتين مثل (A) ، (B) والموجودات فعلا بالموقع ، لن يمكنك رفع ركن المبنى البعيد أو السياج حيث لن يمكنك قياس زاويه ومسافه إليها

ستحتاج لانشاء نقط تحكم أفقيه جديده (Z ، C ، D ، E) للقياس منها وهو ماتفعله بانشاءها و عمل مضلع

خطوات عمل المضلع

1. نستطلع الموقع لعمل مساحه إستكشافيه ونختار أفضل الاماكن لانشاء نقاط جديده للمضلع
2. إنشاء النقطه بمسامير صلب على الاسفلت مثلا أو علامات على قضبان حديد مدفون فى الخرسانه وهكذا
3. نقيس جميع الزوايا والاطوال فى المضلع المكون من النقاط المعطاه ونعمل تحقيق للاطوال والزوايا
4. اذا لم يكن ضمن القة المطلوبة – نكرر العمل من البدايه
5. لو قبلت أضبط الاخطاء وإحسب الاحداثيات

حساب الاحداثيات

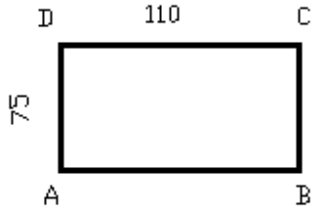
- أفرض أنك معطى إحداثيات نقطه وإنحراف خط مار بها وقد أنشأت نقط جديده كما سبق لاحتياج المشروع إليها مثل (C) ، (D) كذلك ، أفرض أنك قمت بقياس أطوال وزوايا المضلع الذى تكون عندما تصل كل النقط ببعضها
- بمعلومية إنحراف خط والزوايا الداخليه إحسب إنحرافات كل الخطوط – وهو ماتم فى الجدول المقابل حيث:

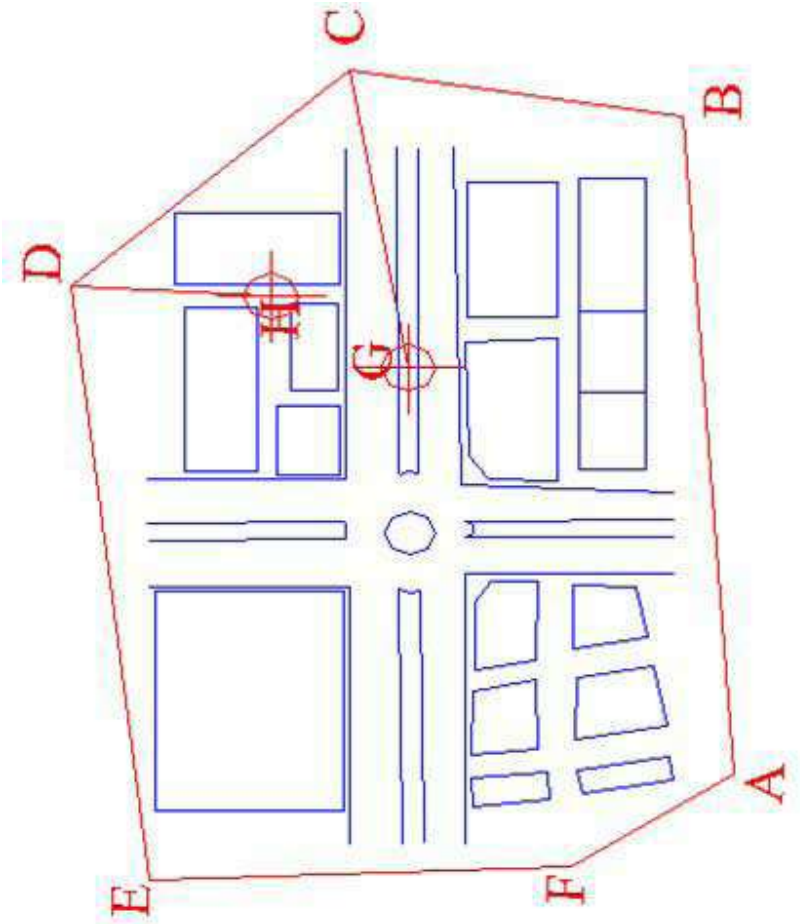
إنحراف خط = إنحراف الخط قبله + 180 ± الزاويه الداخليه

أكمل الجدول فى المحاضره

Point	Line	Length	Azimuth (α)	ΔE = d sin(α)	ΔN = d cos(α)	E	N
A							
	AB	100.10	0° 00' 00"				
B							
	BC	100.00	90° 00' 00"				
C							
	CD	100.00	180°00'00"				
D							
	DA	99.70	270°00'00"				
A							
Sum		399.80					

نقطة الرصد	الضلع	طول الضلع	الزاوية
A	**AB**	**110**	**90 00 00**
B	**BC**	**75**	**90 00 00**
C	**CD**	**110**	**90 00 00**
D	**DA**	**75**	**90 00 00**


D
110
C
75
A
B


C
B
D
H
G
A
E
F

رفع العوارض للمضلعات بالثيودولايت والشريط

رفع المباني باستخدام أدوات القياس الطولية

تختلف طرق رفع المباني من مبنى لأخر حسب ظروف كل مبنى ولكنها تتفق في قياس الأبعاد الخارجية للمبنى كلما أمكن ذلك.

1-طريقة التحشية العمودية

2-التحشية المثلثية

أ-تنتخب كل من النقطة (A)والنقطة(B)على خط الجنزير على بعد مناسب من بعضها ثم يقاس كل من البعد (AC) والبعد (BC) لتحديد نقطة (C)وكل من البعد (AD) والبعد(BD) لتحديد موضع النقطة (D).

الحالات النموذجية في المباني القائمة الزوايا

1- رفع مبنى قريب موازي تقريباً لخط التحشية.

2- رفع مبنى قريب من خط التحشية وتميل واجهته علية بزاوية.

3- رفع مبنى بروابط مباشرة .

ثانياً بالنسبة لمباني أخرى

المباني التي لا يمكن رفعها بالنسبة لخط السير لحجبها عنه بمباني أخرى يمكن رفعها بقياس روابط من اركان المباني التي سبق رفعها بالنسبة لخط التحشية

ثالثاً:رفع المباني ذات الأشكال غير المنتظمة

1-طريقة الأرصاد المستقيمة :

لرفع مبنى غير منتظم يمكن أن ترفع بروابط وامتدادات وإحداثيات كما في حالة رفع المباني القائمة الزوايا.والواقع أنه عند عمل التحشية يجب أن تكون أعمدتها على حسب الضرورة فقط وقليلة العدد ما أمكن وللنقط المهمة فقط أما باقي التفاصيل فيؤخذ لها مقاسات تسمى (المقاسات المستقيمة)

2- طريقة الربط بالسلسلة أو خط السير:

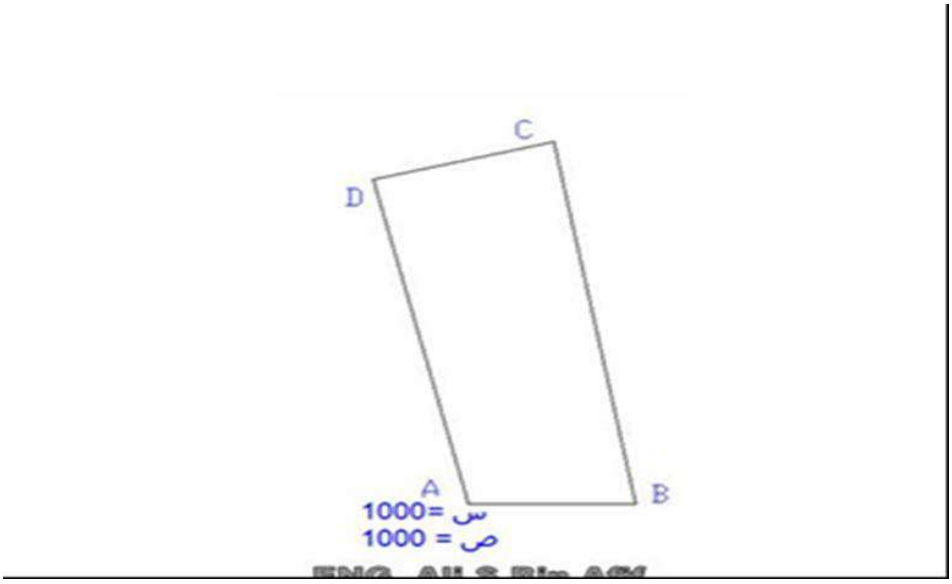
لرفع مبنى يتم تحديد كل الأركان بالتحشية المثلثية .

رابعاً:مباني ذات أشكال هندسية

قد تصادف أشكال هندسية مجاورة لخط السلسلة فتعمل التحشية العمودية أو المثلثية بتحديد مركز الدائرة ويتم قياس نصف قطرها في حالة الدائرة الصغرى أو تؤخذ ثلاث نقط على المحيط وبعد توقيعها يمكن إيجاد المركز كما في حالة الدائرة الكبرى وعندما يكون الشكل مثلثيا بأركان دائرية فيتم تحديده

لفهم الموضوع نتبع المثال الاتي :

مضلع مغلق مكون من أربع أضلاع وأربع زوايا ,والمعلوم في هذا المضلع.
انحراف الضلع = AB ˚ 90 وإحداثي النقطة A هو س = 1000, ص= 1000 كما هو موضح بالشكل اناه :



المطلوب هو حساب إحداثيات باقي نقاط المضلع B , C , D
تم أخذ القياسات التالية مع العلم أن قياس الزوايا
الداخلية تم مع عقارب الساعة.؟

الضلع	الطول	المرصد	الزاوية الأفقية
AB	79.56م	A	102° 55' 37"
BC	222.75م	B	79° 58' 14"
CD	88.27م	C	85° 01' 35"
DA	201.47م	D	92° 04' 30"

مقدار الخطأ في الزوايا = مجموع الزوايا المرصودة – المجموع النظري للزوايا*

*المجموع النظري للزوايا الداخلية = (ن – 2) x 180 حيث ن = عدد الزوايا

المجموع النظري للزوايا الداخلية = (4 – 2) x 180 = 360°

مقدار الخطأ في الزوايا = 359° 59' 56" - 360° = - 00° 00' 04"

خطأ القفل المسموح = ± 70" x √ن = 70" x 2 = 140" حيث أن ن = عدد الزوايا

مقدار التصحيح لكل زاوية = ± مقدار الخطاء / عدد الزوايا = 00° 00' 04" / 4

ENG. Ali S Bin Affi

مقدار التصحيح = 00° 00' 01" بعكس إشارة مقدار الخطأ في الزوايا

الآن سوف نضيف مقدار 00° 00" 01" على كل زاوية

الزاوية	الزاوية الأفقية المصححة
A	102° 55' 38"
B	79° 58' 15"
C	85° 01' 36"
D	92° 04' 31"

الآن أصبح مجموع الزوايا = 360°

2- حساب الانحرافات

انحراف الضلع المجهول = انحراف الضلع المعلوم ± 180 ± الزاوية المحصورة بين الضلع المعلوم والمجهول

± 180 + إذا كان الانحراف المعلوم أصغر من 180

- إذا كان الانحراف المعلوم أكبر من 180

± الزاوية المحصورة بين الضلع المعلوم + إذا كان قياس الزوايا مع عقارب الساعة

- إذا كان قياس الزوايا عكس عقارب الساعة

انحراف الضلع $AB = 90^{\circ}$

انحراف الضلع $BC = 90^{\circ} + 180^{\circ} + 79^{\circ}\ 58'\ 15'' = 349^{\circ}\ 58'\ 15''$

انحراف الضلع $CD = 349^{\circ}\ 58'\ 15'' + 180 - 85^{\circ}\ 01'\ 36'' = 254^{\circ}\ 59'\ 51''$

انحراف الضلع $DA = 254^{\circ}\ 59'\ 51'' + 180 - 92^{\circ}\ 04'\ 31'' = 167^{\circ}\ 04'\ 22''$

الخطوة التالية للتحقق من الحل السابق

انحراف الضلع $AB = 167^{\circ}\ 04'\ 22'' + 180 + 102^{\circ}\ 55'\ 38'' = 90^{\circ}$

الضلع	الطول بالمتر	الانحراف ى	Δ س = طول الضلع x جا ى	Δ ص = طول الضلع x جتا ى
AB	79.56	جا "00 '00 °90	79.56	صفر
BC	222.75	جا "15 '58 °349	-38.792	219.346
CD	88.27	جا "51 '59 °254	-85.261	-22.849
DA	201.47	جا "22 '04 °167	45.072	-196.364
المجموع الجبري للمركبات			0.579	0.132
المجموع العددي للمركبات			248.685	438.56

4 - حساب خطأ القفل في المركبات وتصحيحها

$$\text{خطأ القفل للمركبات } (\Delta) = \sqrt{(\Delta \text{ س})^2 + (\Delta \text{ ص})^2}$$

$$= \sqrt{(0.579)^2 + (0.132)^2} = 0.594$$

$$\text{نسبة خطأ القفل للمركبات} = \frac{\text{مقدار خطأ القفل للمركبات}}{\text{مجموع أطوال الأضلاع}} = \frac{0.594}{592.05} = \frac{1}{996.717}$$

تصحيح المركبات السينية والصادية

$$\text{المركبة المصححة} = (\frac{\text{المجموع الجبري مع عكس الإشارة}}{\text{المجموع العددي}} \times \text{المركبة المحسوبة بإشارتها}) + \text{المركبة المحسوبة بإشارتها}$$

$$\text{المركبة السينية المصححة للضلع AB} = (79.56 \times \frac{-0.579}{248.685}) + 79.56 = 79.375$$

$$\text{المركبة الصادية المصححة للضلع AB} = (\text{صفر} \times \frac{-0.132}{438.56}) + \text{صفر} = \text{صفر}$$

المركبة السينية المصححة للضلع BC = - 38.882

المركبة الصادية المصححة للضلع BC = - 218.279

المركبة السينية المصححة للضلع CD = - 85.46

المركبة الصادية المصححة للضلع CD = - 22.856

المركبة السينية المصححة للضلع DA = 44.967

المركبة الصادية المصححة للضلع DA = - 196.414

5- حساب الإحداثيات المصححة

الإحداثي السيني للنقطة المجهولة = الإحداثي السيني للنقطة المعلومة + المركبة السينية المصححة للضلع الواصل بينهما بإشارتها

الإحداثي الصادي للنقطة المجهولة=الإحداثي الصادي للنقطة المعلومة + المركبة الصادية المصححة للضلع الواصل بينهما بإشارتها

الإحداثي السيني للـنقطة B = 1000 + 79.38 = 1079.380

الإحداثي الصادي للنقطة B = 1000 + صفر = 1000

ENG. Ali S Bin Afif

الإحداثي السيني للـنقطة C = 1079.380 – 38.882 = 1040.498

الإحداثي الصادي للـنقطة C = 1000 + 219.279 = 1219.279

الإحداثي السيني للـنقطة D = 1040.498 – 85.46 = 955.038

الإحداثي الصادي للـنقطة D = 1219.27 – 22.856 = 1196.423

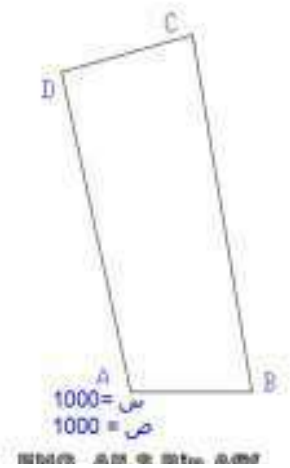
النقطة	الإحداثي س	الإحداثي ص
A	1000	1000
B	1079.380	1000
C	1040.498	1219.279
D	955.038	1196.423

ملاحظة : يمكن الاستفادة من الامثلة والتمارين الموجودة في الكتاب المنهجي (المسح الهندسي والكادسترائي)للمؤلف الاستاذ زياد عبد الجبار البكر.

حساب المركبات الافقية والراسية لاضلاع مضلع وحساب الاحداثيات

لفهم الموضوع نتبع المثال الاتي :

مضلع مغلق مكون من أربع أضلاع وأربع زوايا ,والمعلوم في هذا المضلع.
انحراف الضلع = AB ˚ 90
وإحداثي النقطة A هو س = 1000, ص= 1000
كما هو موضح بالشكل اناه



المطلوب هو حساب إحداثيات باقي نقاط المضلع D , C , B

بعد النزول للطبيعة أخذنا القياسات التالية مع العلم أن قياس الزوايا الداخلية تم مع عقارب الساعة

الضلع	الطول	المرصد	الزاوية الأفقية
AB	79.56م	A	102° 55' 37"
BC	222.75م	B	79° 58' 14"
CD	88.27م	C	85° 01' 35"
DA	201.47م	D	92° 04' 30"

مقدار الخطأ في الزوايا = مجموع الزوايا المرصودة – المجموع النظري للزوايا*

*المجموع النظري للزوايا الداخلية = (ن – 2) x 180 حيث ن = عدد الزوايا

المجموع النظري للزوايا الداخلية = (4 – 2) x 180 = 360°

مقدار الخطأ في الزوايا = 359° 59' 56" - 360° = - 00° 00' 04"

خطا القفل المسموح = ± 70" x √ن = 70" x 2 = 140" حيث أن ن = عدد الزوايا

مقدار التصحيح لكل زاوية = ± مقدار الخطاء / عدد الزوايا = 00° 00' 04" / 4

ENG. Ali S Bin Afif

مقدار التصحيح = 00°00' 01" بعكس إشارة مقدار الخطأ في الزوايا

الآن سوف نضيف مقدار 00°00'' 01" على كل زاوية

الزاوية	الزاوية الأفقية المصححة
A	102° 55' 38"
B	79° 58' 15"
C	85° 01' 36"
D	92° 04' 31"

الآن أصبح مجموع الزوايا = 360°

2- حساب الانحرافات

انحراف الضلع المجهول = انحراف الضلع المعلوم ± 180 ± الزاوية المحصورة بين الضلع المعلوم والمجهول

± 180 + إذا كان الانحراف المعلوم أصغر من 180

- إذا كان الانحراف المعلوم أكبر من 180

± الزاوية المحصورة بين الضلع المعلوم + إذا كان قياس الزوايا مع عقارب الساعة

- إذا كان قياس الزوايا عكس عقارب الساعة

انحراف الضلع AB = 90°

انحراف الضلع BC = $90^{\circ} + 180^{\circ} + 79^{\circ}\ 58'\ 15'' = 349^{\circ}\ 58'\ 15''$

انحراف الضلع CD = $349^{\circ}\ 58'\ 15'' + 180 - 85^{\circ}\ 01'\ 36'' = 254^{\circ}\ 59'\ 51''$

انحراف الضلع DA = $254^{\circ}\ 59'\ 51'' + 180 - 92^{\circ}\ 04'\ 31'' = 167^{\circ}\ 04'\ 22''$

الخطوة التالية للتحقق من الحل السابق

انحراف الضلع AB = $167^{\circ}\ 04'\ 22'' + 180 + 102^{\circ}\ 55'\ 38'' = 90^{\circ}$

الضلع	الطول بالمتر	الانحراف ى	Δ س = طول الضلع x جا ى	Δ ص = طول الضلع x جتا ى
AB	79.56	جا $90^{\circ}\ 00'\ 00''$	79.56	صفر
BC	222.75	جا $349^{\circ}\ 58'\ 15''$	-38.792	219.346
CD	88.27	جا $254^{\circ}\ 59'\ 51''$	-85.261	-22.849
DA	201.47	جا $167^{\circ}\ 04'\ 22''$	45.072	-196.364
المجموع الجبري للمركبات			0.579	0.132
المجموع العددي للمركبات			248.685	438.56

4 ـ حساب خطأ القفل في المركبات وتصحيحها

$$\text{خطأ القفل للمركبات } (\Delta) = \sqrt{(\Delta \text{ س})^2 + (\Delta \text{ ص})^2}$$

$$= \sqrt{(0.579)^2 + (0.132)^2} = 0.594$$

$$\text{نسبة خطأ القفل للمركبات} = \frac{\text{مقدار خطأ القفل للمركبات}}{\text{مجموع أطوال الأضلاع}} = \frac{0.594}{592.05} = \frac{1}{996.717}$$

تصحيح المركبات السينية والصادية

$$\text{المركبة المصححة} = (\text{المركبة المحسوبة بإشارتها}) + \text{x } \frac{\text{المجموع الجبري مع عكس الإشارة}}{\text{المجموع العددي}}$$

المركبة السينية المصححة للضلع AB = (79.56 x $\frac{-0.579}{248.685}$) + 79.56 = 79.375

المركبة الصادية المصححة للضلع AB =(صفر x $\frac{-0.132}{438.56}$) + صفر = صفر

المركبة السينية المصححة للضلع BC = - 38.882

المركبة الصادية المصححة للضلع BC = - 218.279

المركبة السينية المصححة للضلع CD = - 85.46

المركبة الصادية المصححة للضلع CD = - 22.856

المركبة السينية المصححة للضلع DA = 44.967

المركبة الصادية المصححة للضلع DA = - 196.414

5- حساب الإحداثيات المصححة

الإحداثي السيني للنقطة المجهولة = الإحداثي السيني للنقطة المعلومة + المركبة السينية المصححة للضلع الواصل بينهما بإشارتها

الإحداثي الصادي للنقطة المجهولة=الإحداثي الصادي للنقطة المعلومة + المركبة الصادية المصححة للضلع الواصل بينهما بإشارتها

الإحداثي السيني للـنقطة B = 1000 + 79.38 = 1079.380

الإحداثي الصادي للنقطة B = 1000 + صفر = 1000

ENG. Ali S Bin Affif

الإحداثي السيني للـنقطة C = 1079.380 – 38.882 = 1040.498

الإحداثي الصادي للـنقطة C = 1000 + 219.279 = 1219.279

الإحداثي السيني للـنقطة D = 1040.498 – 85.46 = 955.038

الإحداثي الصادي للـنقطة D = 1219.27 – 22.856 = 1196.423

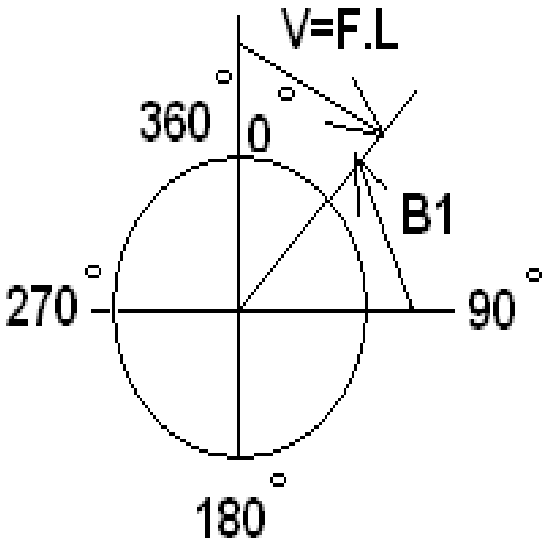
النقطة	الإحداثي س	الإحداثي ص
A	1000	1000
B	1079.380	1000
C	1040.498	1219.279
D	955.038	1196.423

إعداد : المهندس نجاح كاظم كريم

طرق قياس الزوايا الرأسية بجهاز الثيودولايت .

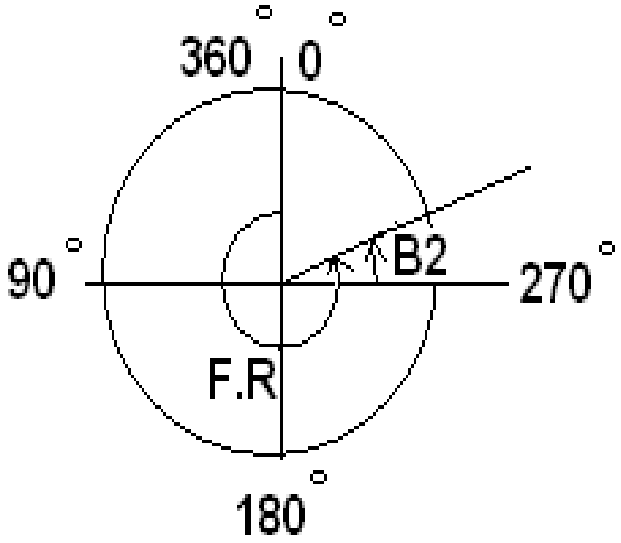
- شرح للطرق المختلفة لقياس الزوايا الرأسية باستخدام جهاز الثيودولايت:
- قياس الزاوية الرأسية المحصورة بين هدفين أفقيين .
- قياس الزاوية الرأسية المحصورة بين الافق والاتجاه المرصود .

- الزاوية الرأسية:- هي زاوية الميل الحاصلة من وجود نقطتين بارتفاعين مختلفين عن سطح الارض.أي تكون محصورة بين خط الاتجاه الافقي والخط الموجه نحو نقطةاخرى تقع فوق مستوى الافق أوتحته،إن الزاوية العمودية المحصورة بين مستوى الافق ونقطة أعلى منه هي زاوية ارتفاع ، و بالعكس تكون زاوية انخفاض عندما تكون النقطة أخفض من مستوى الافق .
- تستخدم الزاوية الرأسية لغرض حساب ارتفاع الابنية والابراج العالية والتي يصعب حسابها بواسطة الشريط .



قراءة الدائرة الرأسية بوضع متياسر B1=90-F.L

الزاوية الشاقولية المحصورة بين اتجاه الهدف والافق B1=



قراءة الدائرة الرأسية بوضع متيامن B2=F.L - 270

الزاوية الشاقولية المحصورة بين الهدف والافق B2=

$$B=\frac{B1+B2}{2} \Longrightarrow$$ معدل الزاوية الرأسية B=

للتحقق من صحة القراءات في موقع ما يجب أن يكون : F.L + F.R = 360

مثال:- احسب الزاوية الرأسية مع الافق لهدف إذا علمت أن قراءتي الدائرة الرأسية للاتجاه المرصود كالآتي:

F.R = 276º 36′ 40″F.L = 83º 23′ 20″

- **الحـــل:-**

B1 = 90 – F.L

B1 = 90 - 83º 23′ 20″ = 6º 36′ 40″

B2= F.R – 270

B2= 270 - 276º 36′ 40″ = 6º 36′ 20 ″

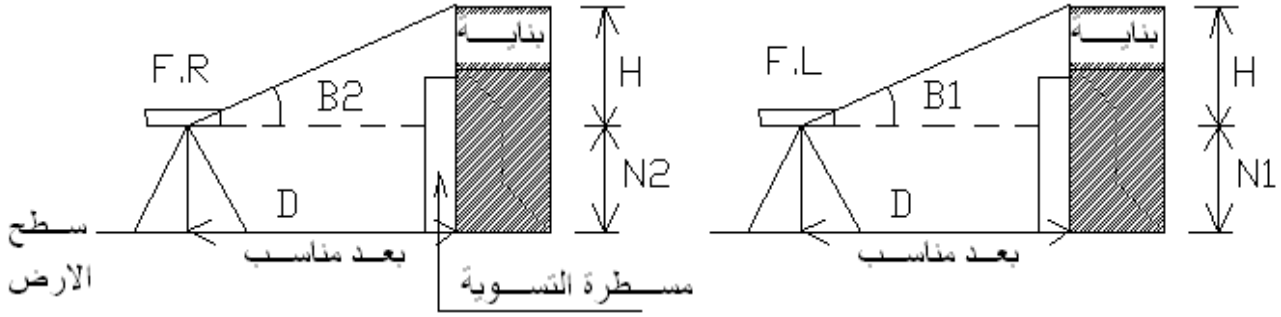
B= (B1 + B2) / 2

= (6º 36′ 40″ + 6º 36′ 20 ″) / 2

= 6º 36′ 20 ″

إيجاد ارتفاع بناية (هدف)يمكن الوصول اليه باستخدام جهاز الثيودولايت

- إن ارتفاع الاهداف مثل ارتفاع خزانات الماء والسايلوات وسارية العلم والابراج لا تقاس مباشرة.في هذه الحالة تقاس المسافة بين الجهازوالبناية بالجهاز والمسطرة أو شريط القياس.وكذلك تقاس الزاوية الرأسية بجهاز الثيودولايت وبالوجهين . ثم إيجاد معَدل الزاوية ويقاس ارتفاع البناية من خلال تطبيق القانون .



وضع الجهاز متياسر
N1: قراءة المسطرة

وضع الجهاز متيامن
N2: قراءة المسطرة

$$N=\frac{N1+N2}{2}$$ نجد معدل قراءة المسطرة للوضعين

$$B=\frac{B1+B2}{2}$$ نجد معدل قراءة الزاوية الرأسية للوضعين

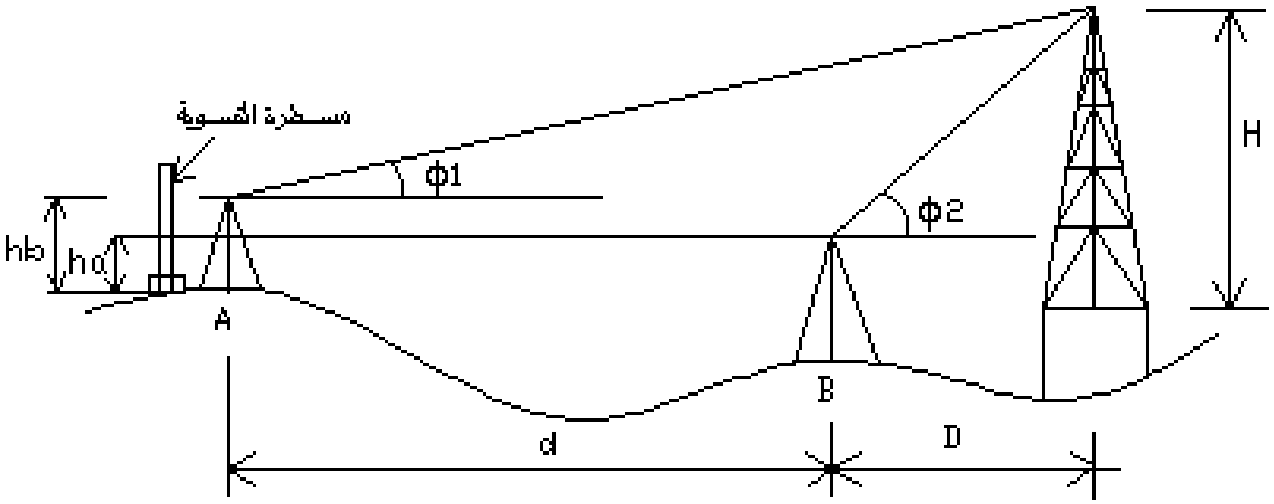
H=ارتفاع الجهاز , D= بعد مناسب (بعد الجهاز عن البناية)

$$\tan B=\frac{H}{D}$$

ارتفاع البناية= D tan B + N

إيجاد ارتفاع بناية (هدف) لايمكن الوصول اليه باستخدام جهاز الثيودولايت

- ايجاد ارتفاع هدف لايمكن الوصول اليه مع شرح الحالات الثلاثة :-
- عند أخذ قراءات للجهاز من موضعين (A) و (B) .
- (B) أخفض من (A) .
- (B) أعلـى من (A) .
- (A) و (B) على نفس المنسوب .



الحالة الاولى :-

$$H=\frac{d(\tan\phi 1+ha)\ \tan\phi 2+hb}{\tan\phi 2-\tan\phi 1}$$

حيث أن

الفرق بين القراءتين (hd=ha-hb)

الحالة الثانية :-

$$H=\frac{d\ (\tan\phi 2)(\tan\phi 1)}{\tan\phi 1-\tan\phi 2}+hb$$

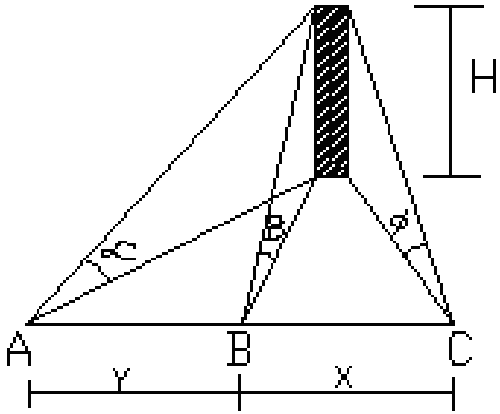
الحالة الثالثة:-

$$H=\frac{(d\tan\phi 1)+\tan\phi 2}{\tan\phi 2-\tan\phi 1}+h$$

$$h=\frac{ha+hb}{2}$$

إيجاد ارتفاع بناية (هدف) بقياس ٣ زوايا إرتفاع أو أنخفاض بجهاز الثيودولايت .

- **إيجاد ارتفاع بنايـة بقياس (٣ زوايا) ارتفاع أو إنخفاض بجهـاز الثيودولايت ، حيث يتـم نقل جهـاز الثيودولايت (٣ مواقع) وتطبيق القانون الخاص لأيجاد ارتفاع الهدف .**



ارتفـــاع البنايـــة H

الزاويـــة الشـــاقولية مـــن موقـــع نقطـــة A

الزاويـــة الشـــاقولية مـــن موقـــع نقطـــة B

الزاويـــة الشـــاقولية مـــن موقـــع نقطـــة C

وبحســـب ارتفـــاع الهـــدف مـــن القـــانون التـــالي :

1- في حالـــة المســـافة AB=BC

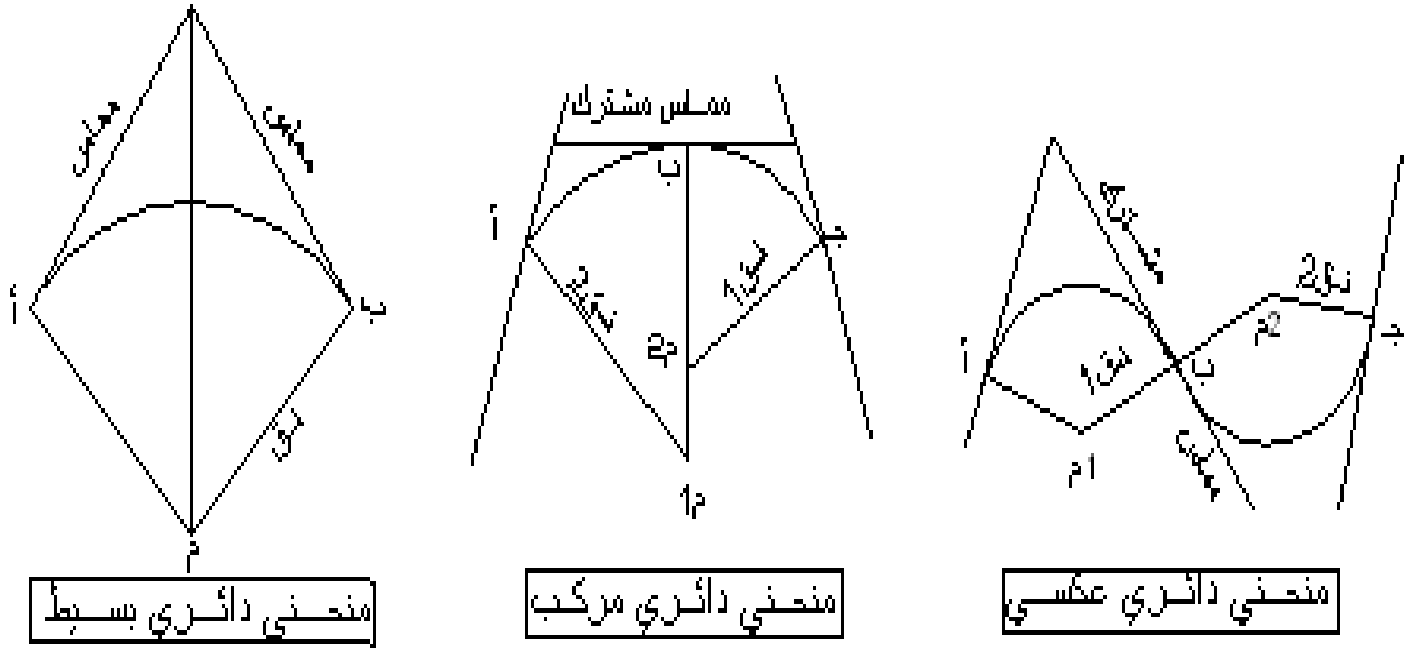
$$H=\frac{\sqrt{2x}}{\sqrt{\cot^2\varnothing-\cot^2\beta+\cot^2\alpha}}$$

2- في حالـــة المســـافة AB≠BC

$$H=\frac{\sqrt{xy(x+y)}}{\sqrt{x(\cot^2\varnothing-\cot^2\beta)+y(\cot^2\alpha-\cot^2\beta)}}$$

المنحنيات ، أنواعها ، المنحنيات الافقية ، أنواعها (الدائرية والمتدرجة)

- إن دراسة المنحنيات ذات أهمية في كثيرمن المشاريع مثل الطرق والسكك الحديدية والمباني والقنوات والمبازل فقد يتطلب العمل توصيل خطين مستقيمين في الطبيعة بمنحني غالباً ما يكون قوساً دائرياً حتى نتفادى التغيير المفاجيء في الاتجاه. وايضاً دراسة المنحنيات وأنواعها الدائرية البسيطة والمركبة والعكسية .



المنحنيات الافقية (عناصرالمنحني الدائري البسيط)
والمعادلات المستخدمة في تصميم المنحني الدائري البسيط

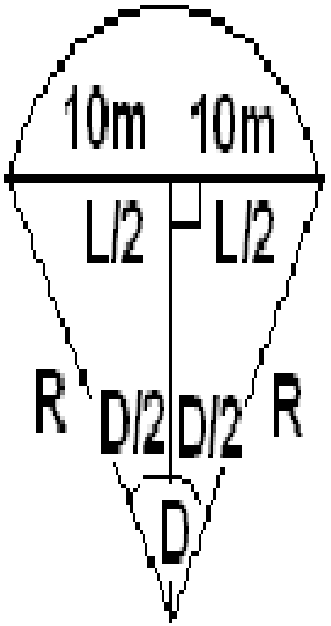
- **تعريف المنحنى :-** توجد طريقتان لتقدير أو تعريف المنحني :-
- أولاً :- طريقة نصف القطر : **Radius of Curve**

وهي الطريقة المستخدمة في مصر،ويقدر طول نصف القطر بالمتر، أما في أمريكا وانكلترا فيقدر بالقدم .

- ثانياً :- طريقة درجة المنحني **Degree of Curve**

درجة المنحني هي الزاوية المركزية المقابلة لوتر معلوم ، ويؤخذ طول الوتر في مصر (20m) ، أما في الدول التي تستعمل النظام الانكليزي فيؤخذ (100قدم) . فمثلاً منحني درجته (4º) عبارة عن قوس دائري فيـه الوتـر الذي طوله (20m أو100قدم) يقابل زاوية مركزية قدرها (4º).

العلاقة بين نصف القطر ودرجة المنحني



$$\sin\frac{D}{2}=\frac{L/2}{R}$$

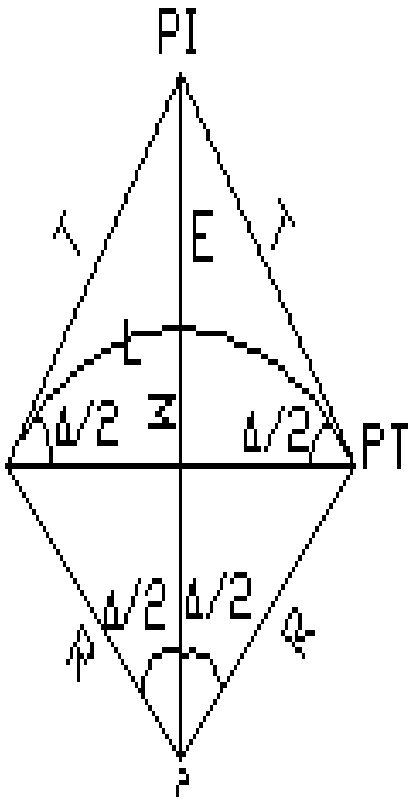
$$\sin\frac{D}{2}=\frac{L}{2R}$$

$$\sin\frac{D}{2}=\frac{10}{R}$$

$$R=\frac{10}{\sin\frac{D}{2}}$$

اذا كان طول الوتر = 20 m :

عناصر المنحني الافقي البسيط



عناصر المنحني الافقي البسيط

الزاوية المركزية للمنحني (زاوية إنحراف المنحني): Δ

نصف قطر المنحني :R

طول المنحني (طول القوس) :L

الوتر الكلي (الخط الواصل بين نقطتي المماس) :C

طول المماس :T

محطة نقطة تقاطع المماسات :PI

محطة نقطة بداية المنحني(نقطة المماس الاولى) :PC

محطة نقطة نهاية المنحني(نقطة المماس الثانية) :PT

المسافة بين محطة نقطة تقاطع المماسات وقمة المنحني :E

المسافة بين قمة المنحني والوتر الكلي (طول السهم الداخلي) :M

معادلات المنخني الافقي البسيط

معادلات المنحني الافقي البسيط:-

أولاً:طول المماس $T=R \tan \Delta/2$

ثانياً:طول الوتر الكلي $C=2R \sin \Delta/2$

ثالثاً:طول المنحني $L= \pi R \Delta/180$

أما اذا كان المنحني مقدراً بدرجته وطول الوتر=20متر ونصف القطر كبير

بحيث يمكن إعتبار طول الوتر = طول القوس $L=20 \Delta/D$

رابعاً:طول المسافة الخارجية $E=R(1-\sec \Delta/2 -1)$

خامساً:طول السهم الداخلي $M=R(1-\cos \Delta/2)$

سادساً:

Station PI=Stat.PC+T

محطة نقطة التقاطع:محطة نقطة بداية المنحني +طول المماس

Station PT=Stat.PC+L

محطة نقطة نهاية المنحني = محطة نقطة بداية المنحني + طول المنحني

مثال:- منحني دائري زاويـة إنحرافه ($\Delta = 27^{\circ}\ 24'$) ودرجة المنحني ($D = 7^{\circ}24'$)ونقطة تقاطعه($PI = 45+97$)متر.إحسب عناصر المنحني والمحطات PC,PT ،علماً أن درجة التقوس معرفة لوتر طوله 20 متر

.

الحـــل :-

1- $R = \frac{1146}{D} = \frac{1146}{7^{\circ}\ 24'} = \frac{1146}{7.4^{\circ}} = 154.86\ m$

2- $T = R \tan \frac{\Delta}{2} = 154.86 \tan 27^{\circ}\ 24'\ /2 = 37.75\ m$

3- $C = 2R \sin \frac{\Delta}{2} = 2(154.86)\sin 27^{\circ}\ 24'/2 = 73.35\ m$

4- $M = R(1-\cos\frac{\Delta}{2}) = 154.86(1-\cos 27^{\circ}\ 24'/2) = 2.4m$

5- $E = R(\sec \frac{\Delta}{2} -1) = 154.86(\frac{1}{\cos\ 27^{\circ}\ 24'/2} -1) = 4.54m$

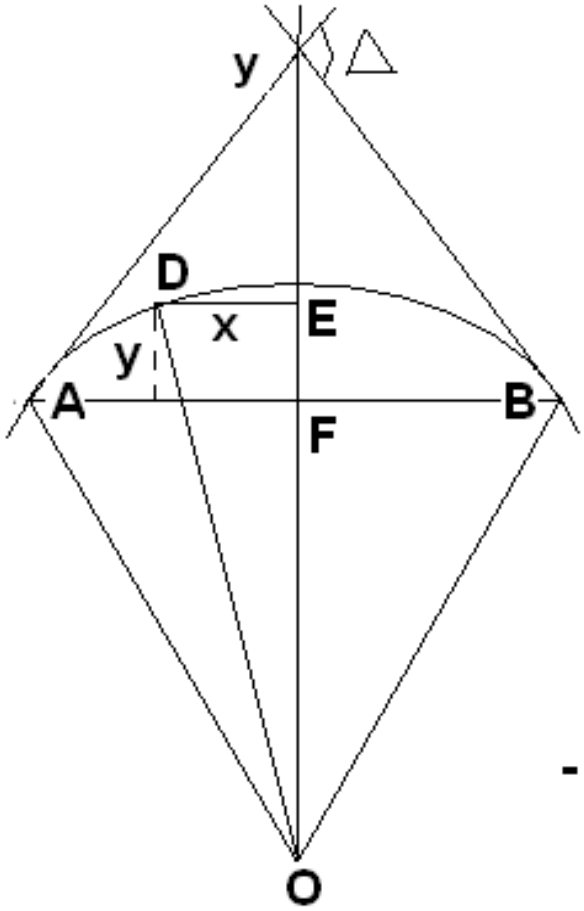
6- $L = \frac{\pi R \Delta}{180} = \frac{\pi (154.86)(27.4)}{180} = 74.06\ m$

7- Stat.PC=Stat.PI - T = (45+97) - 37.25 = 45+59.25

Stat.PT=Stat.PC+L = (45+59.25) + 74.06 = 45+133.31= 46+ 33.31

رسم طريق مع منحنياته الافقي

١- الاعمدة المقامة على الوتر:-



في المثلث OFB :

$$OB^2 = BF^2 + OF^2$$

$$R = \left(\frac{C}{2}\right)^2 + OF^2$$

$$OF^2 = R^2 - \left(\frac{C}{2}\right)^2$$

$$OF = \sqrt{R^2 - \left(\frac{C}{2}\right)^2} \quad ---(1)$$

في المثلث ODE :

$$OD^2 = DE^2 + OE^2$$

$$R^2 = X^2 + (OF + y)^2$$

$$(OF + y)^2 = R^2 - x^2$$

$$OF + y = \sqrt{R^2 - x^2}$$

$$y = \sqrt{R^2 - x^2} - OF \quad ---(2)$$

بالتعويض عن (OF) من المعادلة (1) في المعادلة (2) ينتج :-

$$y = \sqrt{R^2 - x^2} - \sqrt{R^2 - \left(\frac{C}{2}\right)^2}$$

مثال :- إحسب الاحداثيات اللازمة لتسقيط منحني دائري نصف قطره ٤٩٥ متر. وزاوية إنحرافه "37 '18 º23، بطريقة الاعمدة المقامة على الوتر لمسافات متساوية قدرها ٢٥ متر .

الحـــل:-

$$\Delta = 23 + \frac{18 + \frac{18}{60}}{60} = 23.310^{\circ}$$

$$T = R \tan = 495 \tan\left(\frac{23.31^{\circ}}{2}\right) = 102.105 \text{ m}$$

$$C = 2R \sin\frac{\Delta}{2} = 2(495) \sin\left(\frac{23.31^{\circ}}{2}\right) = 200.0 \text{ m}$$

$$\text{for } x_1 = 0 \rightarrow y_1 = \sqrt{495^2 - 0^2} - \sqrt{495^2 - \left(\frac{200}{2}\right)^2} = 10.207 \text{ m}$$

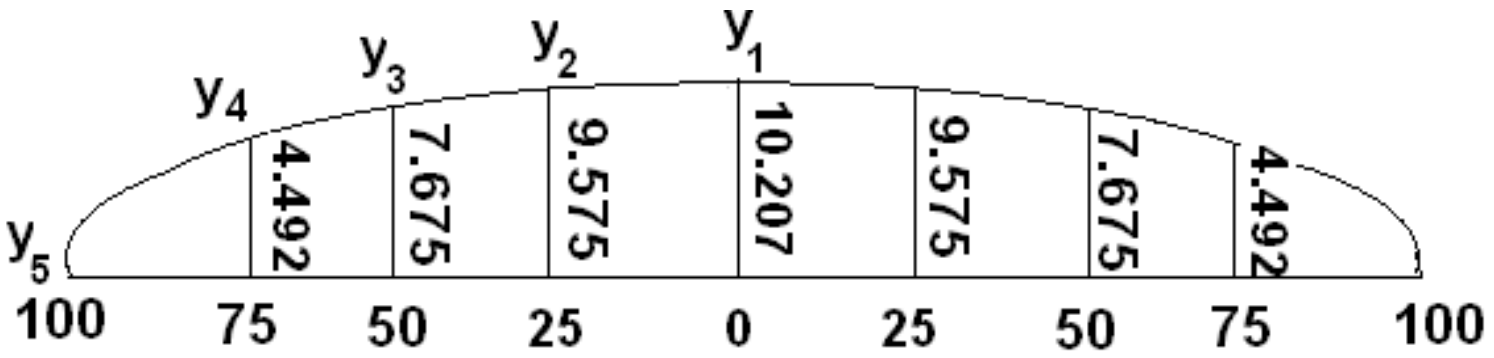
$$\text{for } x_2 = 25 \rightarrow y_2 = \sqrt{495^2 - 25^2} - \sqrt{495^2 - \left(\frac{200}{2}\right)^2} = 9.575 \text{ m}$$

$$\text{for } x_3 = 50 \rightarrow y_3 = \sqrt{495^2 - 50^2} - \sqrt{495^2 - \left(\frac{200}{2}\right)^2} = 7.675 \text{ m}$$

$$\text{for } x_4 = 75 \rightarrow y_4 = \sqrt{495^2 - 75^2} - \sqrt{495^2 - \left(\frac{200}{2}\right)^2} = 4.492 \text{ m}$$

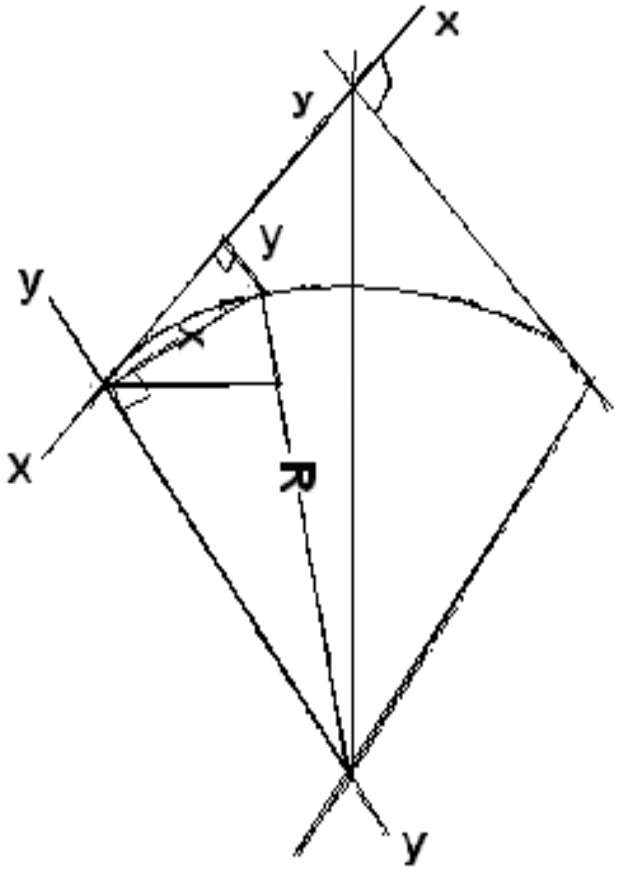
$$\text{for } x_5 = 100 \rightarrow y_5 = \sqrt{495^2 - 100^2} - \sqrt{495^2 - \left(\frac{200}{2}\right)^2} = 0.0005 \text{ m}$$

بعد تعيين نقطة بداية المنحني ونهاية المنحني،تعيين نقطة منتصف المسافة بينهما(والتي تمثل منتصف الوتر الكلي)، يمد الشريط من منتصف المسافة باتجاه بداية المنحني ويقام أعمدة بطول(y1)عند تأشيرة الصفر(x1) .(y2) عند تأشيرة 25m ، (y3)عند تأشيرة (50m) . (y4)عند تأشيرة(75m). ثم يمد الشريط من المنتصف باتجاه المنحني وتكرر العملية أعلاه .



- **سؤال اختباري:- منحني دائري بسيط نصف قطره (181.21m) وطول وتره (157.51m). إجري الحسابات اللازمة لتسقيط المنحني بطريقة الاعمدة المقامةعلى الوتر متخذاً المسافة الفاصلة على طول الوتر (20m).**

الاعمدة المقامة على المماس (طريقة بيكر)



y: عبارة عن خط تحشية مرسوم من المماس وعلى بعد (x) من نقطة التماس .

x: موازي للماس حتى يقطع نصف القطر.

ويمكن حساب المسافة العمودية لأية مسافة على طول خط المماس من المعادلة التالية :-

$$y = \frac{x^2}{2R}$$

مثال:-إحسب الاحداثيات اللازمة لتسقيط منحني دائري نصف قطره (400) متر وزاويـة إنحرافه ("10 '45 º12). بطريقة الاعمـدة المقامة على المماس على مسافات متساوية قدرها (10m) .

- **الحــل:-**

$$\Delta = 12 + \frac{45 + \frac{10}{60}}{60} = 12.753^{\circ}$$

$$T = R \tan\frac{\Delta}{2} = 400 \tan\frac{12.753}{2} = 44.70\ m$$

$$x_1 = 10m \longrightarrow y_1 = \frac{x^2}{2R} = \frac{10^2}{(2)400} = 0.125\ m$$

$$x_2 = 20m \longrightarrow y_2 = \frac{10^2}{(2)400} = 0.5m$$

$$x_3 = 30m \longrightarrow y_3 = \frac{10^2}{(2)400} = 1.125m$$

$$x_4 = 40m \longrightarrow y_4 = \frac{10^2}{(2)400} = 2m$$

وهكذا بالنسبة للجهة الثانية .

ولتسقيط المنحنى على الارض :-

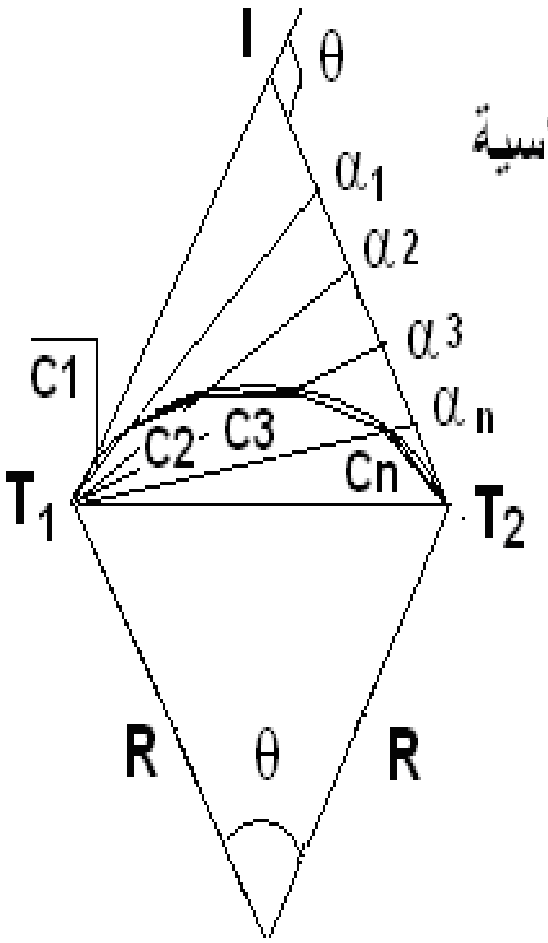
يجب أولاً تعيين نقطة تقاطع المماسين (PI) ، ثم نقيس طول مساوي للمماس على المستقيم الاول ونحدد موقع (PC)، ونقيس طول مساوي لطول المستقيم الثاني ونحدد موقع(PT) .نضع بداية الشريط على(PC) ونمده باتجاه(PI)، عند تأشيرة (10m) نقيم عمود بطول مساوي (y1) ونعين رأس العمود بوتد.عند تأشيرة (20m)نقيم عمود بطول مساوي (y2) ونعين رأس العمود بوتد.
تكرر العملية عند تأشيرة (30m , 40m).

سؤال اختباري:- أحسب المسافات العمودية المرسومة من المماس لكل(5m)،اذا علمت ان زاوية الانحراف(Δ=50º)
ونصف قطر المنحني (R=60m) .

تخطيط المنحنيات بواسطة الثيودولايت والشريط .

٣- طريقة زوايا الانحراف (طريقة رانكن).

- يستفاد من حساب زوايا الانحراف في تسقيط المنحنيات الدائرية باستخدام جهاز الثيودولايت والشريط من خلال تعيين مواقع نقاط على المنحني تقع في مواقع محطات لها رقم صحيح مدَور (قابل للقسمة على 5 أو 10)،ويفضل أن يكون طول كل قوس من الاقواس لايتجاوز (R/20) لأجل تقليل الفرق بين طولي القوس والوتر المقابل له.وغالباً ما يكون طول القوس(20m)أي المسافة بين كل محطتين على القوس = 20 m . وبما ان محطة كاملة (مضاعفات الـ 5) فإن المسافة بين أول وتر(محطة) تكون على الغالب(أقل من 20m)أي ان طول الوتر الجزئي الاول(C1)يكون أقل من(20m).وأن محطة نهاية المنحني لاتقع أيضاًعلى محطة كاملة وبالتالي فإن المسافة بينها وبين آخر وتد على المنحني تكون أقل من (20m).



وتران BC,CD طولهما C1,C2 على التوالي

TB:هو الوتر الناقص الابتدائي (C1)·ويكون أقصر الاوتار القياسية وذلك لعدم الانتظام في قياس المسافة المحددة لنقطة T ·

Cn:هو الوتر الناقص الاخير ويكون أقصر من الاوتار القياسية.

α_n ، α_3 ، α_2 ، α_1 : هي زوايا مماسية وتدعى أيضاً بزوايا الانحراف ·

كيفية حساب الزوايا المماسة :-

في المثلث TOX :

$\text{Sin TOX} = TX/TO$

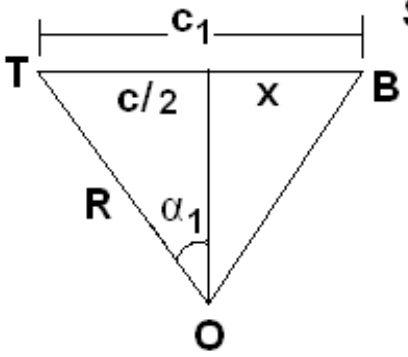
$$\text{Sin}\ \alpha_1 = \frac{c_1}{2R}$$

$\text{Sin}\ \alpha_1 = C1/2R$

$\text{Sin}\ \alpha_2 = C2/2R$

وبنفس الطريقة يمكن استخراج α_3 ، α_4 ، - - - - - α_n

$\text{Sin}\ \alpha = C/2R$



وبما أن زاوية (α) صغيرة جداً لذلك سوف نعتبر :

طول القوس = طول الوتر المقابل له

α in Radians = C/2R

α in Degrees= (C/2R) (180/Π)

$$\frac{\text{الزاوية المقابلة للقوس الجزئي}}{\text{الزاوية المركزية الكاملة}\ 360^\circ} = \frac{\text{طول القوس الجزئي}}{\text{محيط الدائرة الكاملة}}$$

$$\frac{2\,\alpha_1}{360^\circ} = \frac{c_1}{2\Pi R}$$

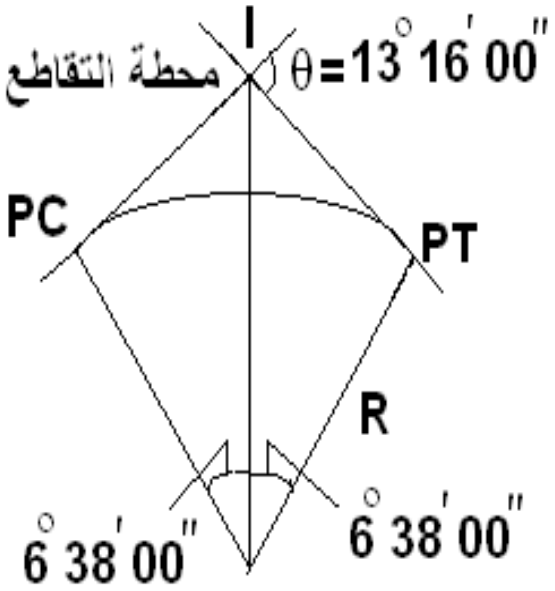
$$\alpha_1 \text{ بالدرجات} = \frac{90}{\Pi}$$

$$\alpha_1 \text{ بالدقائق} = (60)\frac{90\,C1}{\Pi R}$$

$$\alpha_2 = \frac{1718.9\ C_2}{R} \qquad \alpha = \frac{1718.9\ C}{R} \qquad \alpha_1 = \frac{1718.9\ C1}{R}$$

مثال: منحني دائري بسيط نصف قطره(R=600m) يربط بين خطين مستقيمين بينهما زاوية إنحراف("00 '16 º13=θ) فاذا كانت مسافة (محطة) نقطة تساوي (2745.72).إعمل الحسابات اللازمة للمنحني وحسابات تسقيطه بطريقة الزاوية المماسة(زاوية الانحراف) لكل (25) متر أو مضاعفاتها على المنحني .

- **الحـــل:-**
- **نرسم شكل المنحني البسيط ونضع المعلومات المتوفرة عنه .**
- **نحسب العناصر والمحطات الرئيسية فيه ثم الوتران الجزئيان الاول والاخير والمحطات المتتالية للنقاط على المنحني .**
- **نعمل جدول بالحسابات للتسقيط .**



1- نحسب طول المماس : $T = R \tan$

$= 600 \tan 6^\circ 38' = 69.78$ m

2 - نحسب طول المنحني : $L = \theta R \Pi / 180$

$= 600(13.2667)(\Pi) / 180$

$= 138.93$ m

3- نحسب محطة نقطة البداية PC :

Stat. PC = Stat. PI -T

Stat. PC = 2745.72 - 69.78 = 2675.94 m

4- نحسب طول الوتر الجزئي الاول لجعل المسافة الاولى على المنحني من مضاعفات الـ (25).

= 2700-2675.94 = 24.06m

5- نحسب محطة نقطة النهاية PT :

Stat. PT= Stat. PC + L

Stat. PT= 2745.72 + 138.93 = 2814.87m

6 - نحسب طول الوتر الجزئي الاخير.

= 2814.87- 2800 = 14.87m

وهكذا تكون أطوال الاوتار المستخدمة كالتالي :-

C1=24.06m , C=25.00m , C2=14.87m

أما الزاوية المماسة الفردية لكل من هذه الاوتار الجزئية فتساوي بالدقائق:

α = 1718.9 C /R

للوتر الاول (C1) $\alpha_1 = 1718.9 \frac{24.06}{600} = 68.93 = 01^{\circ}08'56''$

للوتر العام (C) $\alpha = 1718.9 \frac{25.00}{600} = 71.62 = 01^{\circ}11'37''$

للوتر الاخير (C2) $\alpha_2 = 1718.9 \frac{14.87}{600} = 42.00 = 00^{\circ}42'36''$

وعند استخدام أطوال الاوتار كافة للمنحني وكذلك الزوايا المماسة ، سيكون المنحني شاملاً للنقاط :
(PC,C1,C,C,C,C,C2,PT) كما مبين في الجدول التالي ، حيث يمكن تسقيطها باستخدام الاوتار الجزئية والزوايا المماسة لها .
ولغرض التحقيق من الحسابات : فأن مجموع الاوتار يجب أن يساوي طول المنحني، والزاوية المماسة النهائية الكلية يجب أن تساوي(θ/2).

Point	المسافة(المحطة)(m)	طول الوتر(m)	الزاوية المماسة الفردية	الزاوية المماسة الكلية
PC	2675.94	0	00º 00' 00"	00º 00' 00"
C1	2700.00	24.06	á1= 01º 08' 56"	01º 08' 56"
C	2725.00	25.00	á = 01º 11' 37"	02º 20' 33"
C	2750.00	25.00	á = 01º 11'37"	03º 32' 10"
C	2775.00	25.00	á = 01º 11'37"	04º 43' 47"
C2	2800.00	25.00	á = 01º 11'37"	05º 55' 24"
PT	2814.87	14.87	á2 = 00º 42' 36"	06º 38' 00"
		∑= 138.9 m (check)		= θ /2 (check)

سؤال اختباري:-

(IB , AI) اتجاهيــن مقــدارهما (N 80º E) و
(S 70º E)على التوالي،تم ربطهما بمنحني دائري
نصف قطره(300m)
مع العلم أن المسافة المحددة لنقطة التقاطع
(I=872.485). المطلوب : حساب المعلومات
اللازمة لتسقيط منحني بطريقة زوايا الانحراف
بواسطة الاوتار القياسية التي طولها (20m).

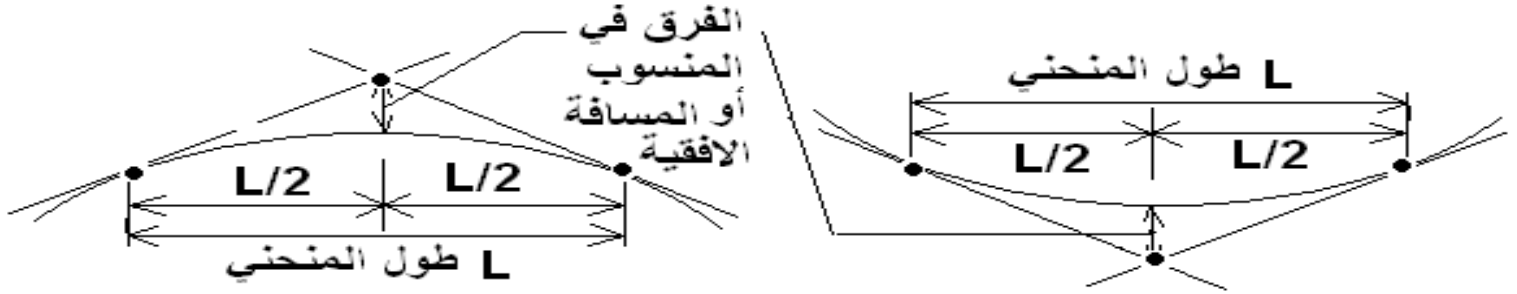
المنحنيات الرأسية (المحدبة والمقعرة)/عناصرها /حساب طول المنحني الرأسي الحسابات المتعلقة بها

- كثيراً مايلزم الأمر عمل خط إنشاء (خط تصميمي) لطريق زراعي أو سكة حديد في أرض ما يتغير إنحدارها على هيئة مستويين يتقابلان في خط مستقيم.في هذه الحالة يجب أن يتخذ خط الأنشاء صورة منحني لتلافي هذا التغييرالمفاجيء في سطح الارض وإعطاء معدَل تغيرمنتظم في الانحدار. وهذا المنحني يتخذ عادة شكل قطع مكافيء محوره رأسي. كذلك والتعرَف على الانواع الاربعة للمنحني الرأسي.
- وكيفية حساب طول المنحني الرأسي والحسابات الاخرى المتعلقة بها .
- المنحني الرأسي:- هو منحني على شكل قطع مكافئ (Parabola)

في أغلب الاحيان متماثل من الجانبين وتساوي المماسين (من نقطة التقاطع للانحدارين) أو مسقطيهما.

ويكون بصورة عامة على شكلين وهما :-

١- منحني رأسي مقعَر (شكل a) ٢- منحني رأسي محدَب (شكل b)



(a) منحني رأسي مقعر(نفق مثلاً) (b) (منحني رأسي محدَب(جسر مثلاً)

ملاحظة:- إن معَدل التغير للطرق الرئيسية أو السكك الحديدية من الدرجة الاولى يكون

- يكون(0.1) متر لكل (100) متر في حالة الانحناء الى الاعلى (تحَدب) .
- يكون(0.05) متر لكل (100) متر فى حالة الانحناء (تقعر) .
- يعتمد طول المنحني اللازم لأعطاء معَدل مناسب للتغيير على الفرق الجبري بين الانحدارين ومسافة الرؤية الآمنة للتوقف والاجتياز .

L: طول المنحني الرأسي مقاساً بالامتار أو المحطات

مثلاً : طول المنحنى = 350 m = 3+50 محطة, حيث أن المحطة= m100

g1,g2 : هما النسبة المئوية للانحدارين الطوليين مع إشارتيهما من اليسار الى اليمين

r: معَدل التغيرفي الانحدار لكل محطة أو (m100) = $\frac{\text{الفرق الجبري بين الانحدارين}}{\text{طول المنحني بالمحطات}}$

$$r = \frac{g2-g1}{L}(100)$$

مثال :يراد توصيل منحني الى أعلي قدره (g1=+2.1) وانحدار الى أسفل قدره (g2=-0.4) بمنحني يرأسي بمعَدل تغير في الانحدار قدره (r=0.1) , فما طول المنحني ؟

الحـــل :-

$$L = \frac{g2-g1}{r}(100)$$

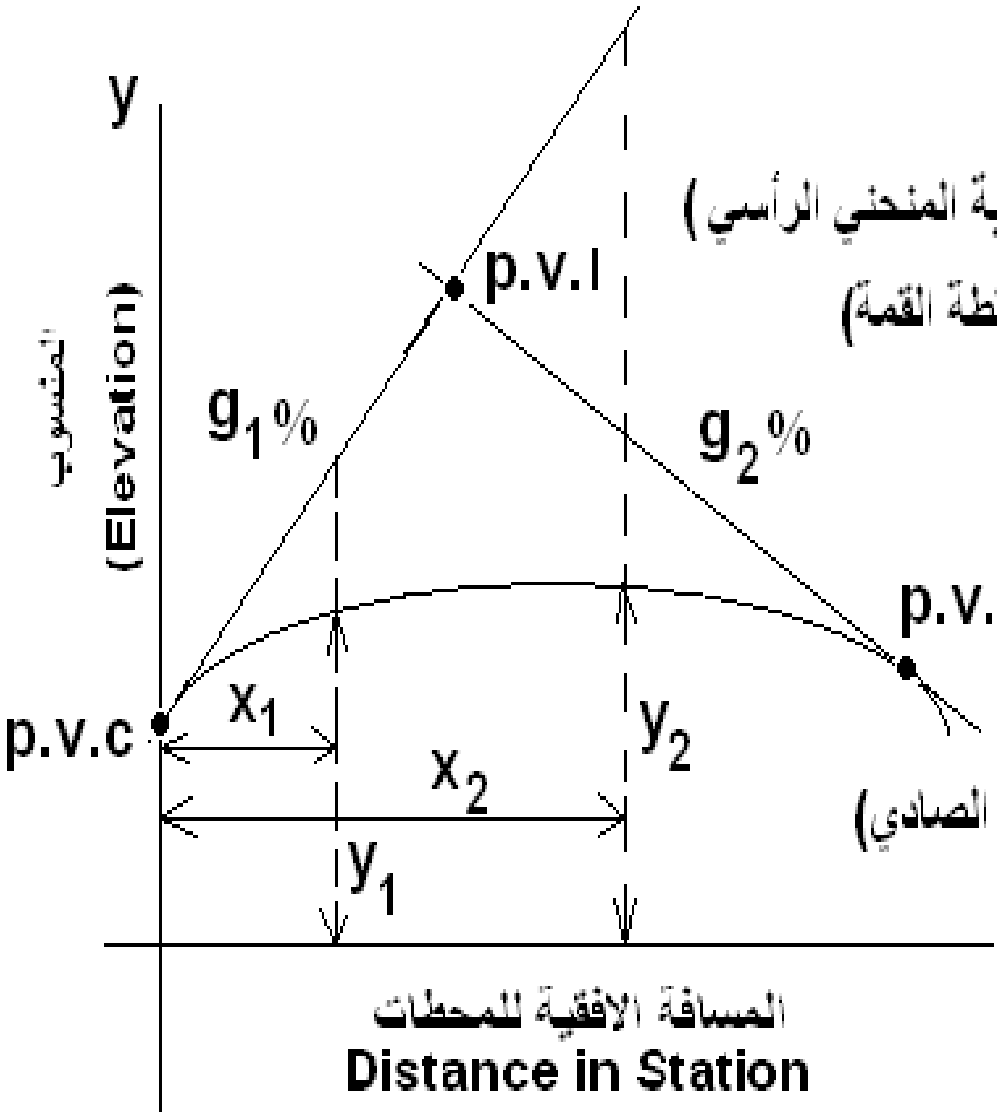
$$= \frac{+2.1-(-0.4)}{0.1}(100) = \frac{+2.1+0.4}{0.1}(100) = 2500 = 25+00$$ المحطة

تسقيط المنحني الرأسي على الأرض

- **تمثيل المنحنى الرأسي بواسطة معادلة القطع المكافئ:**
- **تدعى هذه الطريقة بالطريقة التحليلية لأنها تعتمد في حساب منسوب أية نقطة على المنحني الرأسي باستخدام معادلة القطع المكافئ التي تمثل هذا المنحني،ولاتحتاج هذه الطريقة إلا لمعرفة منسوب النقطة (P.V.C) وقيمة الانحدار الاول (g1)مع الاشارة وقيمة (r/2) مع الاشارة ايضاً والمسافات الافقية من نقطة (P.V.C) والى كل نقطة مطلوب حساب منسوبها .وتستخدم المعادلة غالباًعند استعمال الحاسبات اليدوية المبرمجة أو الحاسبات الالكترونية بصورة سريعة وواضحة ومطبوعة على ورقة .**

تسقيط المنحني الرأسي على الأرض

- **تمثيل المنحنى الرأسي بواسطة معادلة القطع المكافئ:**
- **تدعى هذه الطريقة بالطريقة التحليلية لأنها تعتمد في حساب منسوب أية نقطة على المنحني الرأسي باستخدام معادلة القطع المكافئ التي تمثل هذا المنحني،ولاتحتاج هذه الطريقة إلا لمعرفة منسوب النقطة (P.V.C) وقيمة الانحدار الاول (g1)مع الاشارة وقيمة (r/2) مع الاشارة ايضاً والمسافات الافقية من نقطة (P.V.C) والى كل نقطة مطلوب حساب منسوبها .وتستخدم المعادلة غالباًعند استعمال الحاسبات اليدوية المبرمجة أو الحاسبات الالكترونية بصورة سريعة وواضحة ومطبوعة على ورقة .**



P.V.C : نقطة التقوس الراسي (نقطة بداية المنحني الرأسي)

P.V.I : نقطة التقاطع للمنحنى الراسي (نقطة القمة)

P.V.T : نقطة التماس الرأسي
(نقطة نهاية المنحنى الرأسى)

X: المسافة الافقية من نقطة بداية
المنحنى وحتى النقطة المطلوبة

Y: منسوب النقطة على المنحني (الاحداثي الصادي)

g_1: إنحدار المماس الاول

g_2: إنحدار المماس الثاني

ونتبع الخطوات التالية لغرض حساب المناسيب بهذه الطريقة (إنظر الى الشكل السابق):-

١- نحسب محطات ومناسيب النقاط الرئيسية كما يلي :-

يستخدم القانونان التاليان لحساب المحطتين المجهولتين لنقطتين من النقاط الرئيسية الثلاث (P.V.C , P.V.I , P.V.T) اذا علمت إحداها .

- Stat. P.V.I = Stat. P.V.C + L/2 .
- Stat .P.V.T = Stat. P.V.I + L/2 .

ويستخدم القانونان التاليان لحساب منسوبي نقطتين من النقاط الرئيسية الثلاث اذا علمت إحداها.

- Elev. P.V.I = Elev. P.V.C + g1(L/2) .
- Elev. P.V.T = Elev. P.V.I + g2(L/2) .

٢- تحسب مناسيب النقاط على المنحني من المعادلة التالية :-

- $Y = r/2(x^2) + g1(x) + Elev.\ P.V.C$

حيث أن :-

- (x) هي المسافة الافقية بالمحطات من نقطة (P.V.C) وحتى كل نقطة مطلوب حساب منسوبها .
- واشارة(g1) موجبة واشارة (r/2)سالبة للمنحني المحَدب .
- بينما اشارة(g2) سالبة واشارة (r/2)موجبة للمنحني المقَعر .

٣- نعمل جدول لغرض تسجيل الحسابات فيه .

مثال :- مماسان إنحدار الأول (+1.25%) والثاني (-2.75%) تقاطعا في المحطة (18+00) التي منسوبها (886.10m).فاذا كان طول المنحني (600m)، إحسب مناسيب النقاط (P.V.C , P.V.T)وجميع المحطات الكاملة على المنحني.

- **الحـــل :-**
- بما أن (g2سالب) و (g1موجب) . إذن المنحني محَدب .
- نقطة البدلية تبعد (300m) عن نقطة التقاطع .

- Stat. P.V.C = (18+00) – (3+00) = 15 +00
- Stat. P.V.T = Stat. P.V.I + (3+00) = 21+00
- Elev. P.V.C = Elev. P.V.I – g1(L/2)
- = 886.10 – 1.25(300)/100 = 882.35 m
- Elev. P.V.T = Elev. P.V.I + g2(L/2)
- = 886.10 + (- 2.75) 300/100 = 877.85 m

r = g2 – g1 /L
r = (- 2.75 – 1.25) / 6 = - 0.667

- إذن معادلة المنحني تصبح :

$y = r/2(x^2) + g1(x) + Elev.\ P.V.C$
$= (- 0.667 / 2) (x^2) + 1.25 (x) + 882.25$

نستخدم المعادلة أعلاه لأستخراج قيم مناسيب نقاط نختارها على محطات كاملة على خط الانشاء وكما يلي :-

Station	x	x^2	- 0.667/2 (x^2)	1.25 x	(y) Elev. of point on the Curve
P.V.C	0	0	0	0	882.35
16+00	1	1	- 0.33	1.25	883.27
17+00	2	4	- 1.33	2.50	883.52
18+00	3	9	- 3.00	3.75	883.10
19+00	4	16	- 5.33	5.00	882.02
20+00	5	25	- 8.33	6.25	880.27
21+00	6	36	- 12.00	7.50	877.85

ولحساب منسوب أعلى أو أوطأ نقطة على المنحني :-

$$x = - g1 / r$$

x: المسافة الافقية بالمحطات لأعلى أو أوطأ نقطة بالمنحني .

وعند تعويض هذه المسافة الافقية من معادلة المنحني يمكن الحصول على منسوب أعلى أو أوطأ نقطة بالمنحني.مع الأخذ بنظر الاعتبار إشارتي (r) و (g1)لكل من المنحنيين المقَعر والمحدَب.وتحسب المسافة والمنسوب لأعلى نقطة عندما يراد معرفةالفراغ الرأسي بين المنحني وما فوقه من جسروغيره.

أما المسافة والمنسوب لأخفض (أوطأ) نقطة فتحسب لمعرفة موقع فتحة مياه مجاري الامطار في الانفاق مثلاً .

<u>ملاحظة :-</u>

ان منسوب أعلى أوطأ نقطة لا يكون في وسط المنحني إلا إذا تساوى الانحداران (g1) و (g2) .

<u>سؤال اختباري :-</u> إحسب مناسيب المحطات الكاملة على المنحني الرأسي الذي طوله (L= 500m) والذي يربط بين انحدارين مقدارهما (g1= + 2.8 %) و (g2= - 4.6 %)،اذاعلم منسوب ومحطة نقطة التقاطع(Elev. P.V.I = 48.30 m) والمحطة (Stat. P.V.I = 13+70) . احسب محطة ومنسوب أعلى نقطة فيه .