المساحة Surveying

قبل الولوج في موضوع المساحة و دراستها، قد يتبادر الى ذهننا جميعا ما معنى المساحة ؟ و ما الهدف من دراسة فن و علم المساحة و التوسع الشامل في هذا البحث ؟ ان المساحة قد تطورت تطورا كبيرا في القرن العشرين، و هذا التطور ناتج من التطور في الموضوعات العلمية كالفلك و الضوء و الالكترونيات، و كذلك التقدم و التطور العلمي لصناعة الاجهزة و العدسات. و ما المركبات الفضائية و الاقمار الاصطناعية التي تدور و التي وصلت الى الاجرام السماوية الاخرى الا دلاله واضحة على التطور الذي حصل في علم المساحة.

المساحة : هو ذلك العلم الذي يختص بتحديد مواقع النقاط المختلفة على او قرب سطح الارض بالنسبة لبعضها البعض أو بالنسبة لمرجع ثابت (معلوم)، و يتم تحديد تلك النقاط باجراء القياسات اللازمة مع تطبيق النظريات الهندسية و حساب المثلثات و الرياضيات لاجل توقيعها على الورق بمقياس رسم معين، و اشارات اصطلاحية مفهومة على شكل خارطة.

و من الاعتبارات ذات الاهمية القصوى في عمليات المسح سواءا الاعمال المكتبية منها او الحقلية ما ياتي:

1- تنظيم العمل : حيث ان تنظيم العمل له من الاهمية ما للعمل نفسه، و هو من الواجبات الاساسية و الاولية قبل المباشرة باي مشروع كان حيث ان العمل المنتظم يؤدي الى الانتاج السريع و الاقتصاد في الوقت و المال.
2- الامانة و الدقة : و يقصد بها الامانة و الدقة في الرصد و القياسات و في تدوين النتائج الحقلية و عدم التلفيق. حيث بدونها تحصل مشاكل و عواقب وخيمة قد تستنفذ اموالا و جهدا كبيرا في تصحيح العمل او في اعادة العمل باكمله.

أقسام المساحة:

تقسم المساحة الى قسمين:

اولا- المساحة المستوية Plane Surveying

تبحث في عمل خرائط لسطح الارض باعتباره مستويا و يهمل في هذه الحالة تاثير كروية الارض في المساحات الصغيرة، و تكون جميع الابعاد المقيسة على الارض افقية، اما اذا كانت الابعاد المقيسة على المنحدرات فيؤخذ بنظر الاعتبار المساقط الافقية لتلك القياسات.

و يفترض في المساحة المستوية الاتي:

أ- ان اتجاه الجاذبية الارضية عموديا على المسقط الافقي للسطح المستوي، و بناءا على ذلك يكون خيط الشاقول في نقطة ما موازيا لخيط الشاقول في اية نقطة اخرى على السطح المستوي.
ب- ان اقصر خط بين نقطتين على سطح الارض هو الخط المستقيم و ليس المنحني، و زاوية التقاطع بين خطين مستقيمين هي زاوية مستوية و ليست زاوية كروية.
ت- ان خطوط الطول التي تمر خلال اي نقطتين تكون متوازية.

ثانيا – المساحة الكروية و الجيودوسية Geodetic Surveying

تبحث في رسم و تمثيل سطح الارض على اساس الشكل الحقيقي للارض، اذ تؤخذ كروية الارض بنظر الاعتبار و تعتمد في عمل الخرائط الدقيقة للمساحات الشاسعة، مما يؤدي الى ظهور تأثير كروية الارض عند اسقاط الخرائط على المستويات الافقية.

أنواع المساحة

1- المسح الكادسترائي Cadastral (Land) Surveying
و هي الاعمال التي تتناول تحديد و تقسيم الملكيات، و تثبيت و اعادة مواقع النقاط الجديدة و المطمورة او المندثرة. و تثبيت مواقع الابنية و الاراضي الزراعية و تصنيفها، و تثبيت كافة العوارض الطبيعية او الصناعية، و حساب مساحات القطع و المسافات و الزوايا و الاتجاهات و تاثيرها على الخرائط. و يتم المسح عادة بمقياس رسم 1/5000, 1/2500, 1/1000 .

2- المسح الطبوغرافي Topographic Surveying
و الغرض منه عمل خرائط طبوغرافية لمساحات من الاراضي لبيان المعالم الطبيعية و الصناعية و لتحديد مناسيب الارتفاع و تمثيلها في صورة خطوط وهمية تسمى بالخطوط الكنتورية، و يمكن معرفة منسوب اي نقطة بمجرد النظر الى الخارطة او بحساب بسيط. ان الخرائط الطبوغرافية اساس لكثير من الاعمال الهندسية كمشاريع الري و البزل و المجاري و السدود و الطرق و السكك الحديدية و في الاغراض العسكرية و استصلاح التربة و مشاريع اخرى كثيرة، و ترسم بمقاييس رسم مختلفة.

3- مسح المدن City Surveying
و تشمل على تحضير خرائط طبوغرافية لتثبيت حدود الشوارع الرئيسية و الفرعية ، و تثبيت حدود الدور و تنظيم المناطق السكنية و الناطق الصناعية و الحدائق، و الخدمات العامة ان كانت على سطح الارض او في باطنها، كمد انابيب المياه و الغاز و خطوط الكهرباء و غيرها، و تنظيم حركة المرور و مواقف السيارات، و ترسم عادة بمقياس رسم 1/500, 1/1000, 1/2500, 1/5000 .

4- مسح الطرق Route Surveying
و يتطلب العمل في هذا النوع من المساحة، تعين خط الوسط للطريق Center Line، و اجراء المسح الطبوغرافي له لبيان الارتفاعات على جانبي خط الوسط مع عمل مقاطع طولية و عرضية لحساب الكميات الترابية الازمة لرفعها او دفنها، و كذلك لتعيين مواقع الجسور و القناطر.و تشمل ايضا خطوط الكهرباء للضغط العالي و خطوط السكك الحديدية و خطوط انابيب النفط و الغاز، و ترسم عادة بمقياس رسم 1/1000, 1/2000, 1/5000, 1/10000.

5- المسح الهندسي Engineering Surveying
و تشمل على عمل خرائط تفصيلية و دقيقة لكافة المنشآت الصناعية. كالمعامل و المصانع و الطرق و الجسور و محطات السكك الحديدية و غيرها من الاعمال الهندسية الدقيقة. و ترسم بمقياس رسم 1/100, 1/200, 1/500, 1/1000.

6- مسح المنشآت Construction Surveying
و تشمل على عمل خرائط تفصيلية لمواقع الانشاءات و اعمال طبوغرافية و قياس ابعاد تفصيلية و تكون دليلا لتثبيت المواقع بصورة جيدة،و تشمل تعيين المناسيب و حركة البنايات العالية افقيا و راسيا. و ترسم بمقياس رسم 1/100, 1/200, 1/500.

7- مسح المناجم Mine Surveying

و يشمل على عمل خرائط على سطح الارض لتحديد المناطق المراد استغلالها للمناجم و الانفاق، ثم نقل هذه الحدود الى باطن الارض، و لتحديد الكميات الترابية الواجب رفعها، و تعيين اتجاه المناطق الواجب استغلالها، و كذلك اتجاه الانفاق وابار الحفر و رسم الخرائط الجيولوجية لها. و ترسم بمقياس رسم 1/100, 1/500, 1/1000, 1/2000, 1/5000

8- المسح الجوي Aerial Surveying

و يشمل على تحضير خرائط تفصيلية و طبوغرافية من التصاوير الجوية المأخوذة من الطائرة و تحويل هذه التصاوير بواسطة الالات و الاجهزة الخاصة الى خرائط دقيقة و ترسم هذه الخرائط بمقاييس رسم مختلفة حسب الطلب او الحاجة.

9- المسح الهايدرولوجي Hydrographic Surveying

و يشمل على تحضير خرائط طبوغرافية تفصيلية لتحديد اعماق البحار و الانهار و البحيرات و السدود و الشواطئ. و كذلك لحساب كميات المياه الموجوده فيها و دراسة حالات المد، و قياس كميات المياه الماره في الانهر و الترع و السدود، و حساب كميات المياه الجوفية الموجودة داخل الارض و غيرها من مشاريع الري و البحرية. و ترسم بمقاييس رسم من 1/20000 - 1/500.

انواع الاعمال المساحية

لتحضير اي خارطة من الخرائط و المسوحات السابقة يجب اجراء نوعين من العمل:

اولا - الاعمال الحقلية : Field Work

و شمل على الرصد و القياس في الحقل من الطبيعة مباشرة. و يجب ان يختار المهندس لهذا الغرض الجهاز الصحيح و الذي يفي في نوعه و دقته بالغرض المطلوب. كما يجب ان تعطى هذه الارصادات كل عناية حتى يتم الحصول على نتائج دقيقة لتمثيل طبيعة الارض الفعلية.

ثانيا - الاعمال المكتبية : Office Work

و هي استعمال الارصادات و القياسات المدونه في دفتر الحقل لحساب احداثيات النقاط و ارتفاعها و تدقيقها على اللوحة و رسم الخارطة النهائية. و تتم هذه العملية في المكتب و يجب ان تتناسب دقتها مع دقة الارصادات نفسها.

وحدات القياس Units of Measurements

اولا – وحدة القياس الطولي Linear Units

أ- وحدة الطول Unit of Length

النظام الانكليزي :

تعتبر البوصة (الانج) أصغر الوحدات القياسية الانكليزية.

12 بوصة (انج) = 1 قدم
3 قدم = ياردة
1 ياردة = 36 أنج
63360 أنج = 1 ميل
1760 ياردة = 1 ميل
5280 قدم = 1 ميل

النظام الفرنسي :

يعتبر المليمتر هو أصغر الوحدات القياسية الفرنسية.

10 مليمتر (ملم) = 1 سنتمتر (سم)
10 سم = 1 ديسيمتر (دسم)
10 دسم = 1 متر (م)
10 م = 1 ديكامتر
100 سم = 1 م
1000 م = 1 كيلومتر (كم)

العلاقة بين النظام الانكليزي و الفرنسي.

1 ملم = 0.039371 انج

1 م = 3.28090 قدم

1 كم = 0.62138 ميل

1 كم = 1093.62 ياردة

1 قدم = 30.48 سم

ب- وحدة المساحة Unit of Surveying

وحدة المساحة هي مربعات لوحدات القياس الطولي، و فيما يلي مقارنة بين وحدات المساحة الفرنسية بما يقابلها من وحدات المساحة الانكليزية.

1 متر مربع = 10.7643 قدم مربع

1 كيلومتر مربع = 0.3861 ميل مربع

1 قدم مربع = 0.0929 متر مربع

1 كيلومتر مربع = 100 هكتار

- في العراق يستعمل المتر المربع و الاولك و الدونم :

1 أولك = 100 متر مربع
1 دونم = 2500 متر مربع
1 كيلومتر مربع = 400 دونم

ج – وحدة الحجوم

تتكون من مكعبات لوحدات القياس الطولي.

1 سم مكعب = 0.061028 أنج مكعب

1 متر مكعب = 61027.094 أنج مكعب

1 كيلومتر مكعب = 0.2399229 ميل مكعب

1 قدم مكعب = 0.1283168 متر مكعب

1 قدم مكعب = 28316.846 سم مكعب

ثانيا – وحدة قياس الزوايا Unit of Angular measurements

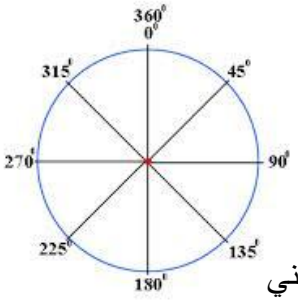
يوجد ثلاث أنواع من الانظمة المستعملة في الوقت الحاضر لقياس الزوايا:

1- النظام الستيني Sexagesimal System

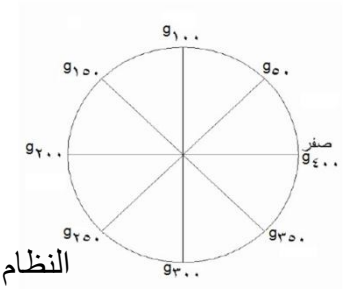
في هذا النظام ينقسم محيط الدائرة الى 360 قسما و كل قسم يسمى درجة و يرمز لها (°) Degree، و تنقسم الدرجة الواحدة الى 60 قسما و تسمى دقيقة و يرمز لها (') Minute ، و تقسم الدقيقة الواحدة الى 60 قسما و تسمى ثانية و يرمز لها (") Second، و تقسم الدائرة الى اربع اقسام متساوية ، و تعرف كل منها بالزاوية القائمة.

1 Circle = 360° (degree)
1° (degree) = 60' (minute)
1' (minute) = 60" (second)

تكتب الزاوية بالصيغة التالية : 201° 54' 06" , 00° 01' 45"



النظام الستيني



النظام المئوي

2- النظام المئوي Centesimal System

أستحدث لاول مرة سنة 1941، و يستعمل بكثرة في الوقت الحاضر في الدول الاوربية، و في هذا النظام قسم محيط الدائرة الى 400 قسما و يسمى كل منها بالدرجة المئوية Grad و يرمز لها (g) ، و تقسم كل درجة مئوية الى 100 قسما و يسمى كل منها بالدقيقة المئوية Centesimal Minute و

يرمز لها (c) السنتي كراد، و تقسم الدقسقة المئوية الواحدة الى 100 قسم يسمى كل منها بالثانية المئوية Centesimal Second، و يرمز لها (cc) السنتي سنتي كراد.

1 Circle = 400^{g} (Grad)

1^{g} (Grad) = 100^{c} (Centesimal Minute)

1^{c} (Centesimal minute) = 100^{cc} (Centesimal second)

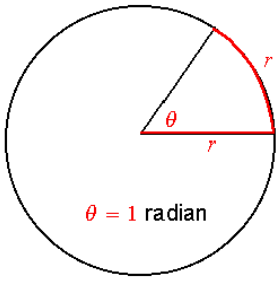
تكتب الزاوية بالصيغة التالية: $54^{g}\ 85^{c}\ 47^{cc}$, $01^{g}\ 47^{c}\ 93^{cc}$

3- النظام النصف قطري Radians

تعرف الزاوية النصف قطرية بانها الزاوية المركزية التي نصف قطرها يساوي طول القوس المقابل لها، و يرمز لها rad و يمكن ملاحظة النسبة بين الزاوية المركزية و القوس المقابل لها من العلاقة التالية:

$\frac{360^{\circ}}{2\,\pi\,r} = \frac{1\ \text{rad}}{r}$, $\pi = 22/7 = 3.14$

$1\ \text{rad} = \frac{180}{\pi} = 57.29578^{\circ}$



تحويل الزوايا بين الانظمة الثلاث:

	درجة ستينية	درجة مئوية	درجة دائرية
الدائرة	360	400	2 π
نصف دائرة	180	200	π
الزاوية القائمة	90	100	π/2
ربع دائرة	45	50	π/4

- التحويل بين النظام الستيني و النظام المئوي

1° درجة ستينية = 1.111111^{g} درجة مئوية

1^{g} درجة مئوية = 0.9° درجة ستينية

مثال: حول الزاوية $171^{g}\ 80^{c}\ 45^{cc}$ الى النظام الستيني

الحل: تحويل الزاوية الى الصيغة العشرية $45^{cc} / 100 = 0.45^{c}$

$(80^{c} + 0.45^{c}) / 100 = 0.8045^{g}$

$171^{g} + 0.8045^{g} = 171.8045^{g}$

تحويل الزاوية من النظام المئوي الى النظام الستيني $171.8045^{g} * 0.9 = 154.62405^{o}$

154° , $0.62405^{o} * 60 = 37.443'$, $0.443' * 60 = 26.58"$

$154^{\circ}\ 37'\ 26.58"$

واجب : حول الزاوية $154^{\circ}\ 37'\ 26.58"$ الى النظام المئوي.

- التحويل بين النظام الستيني و النظام الدائري (الراديان):

1° درجة ستينية = $\frac{\pi}{180}$ راديان (درجة دائرية)

1 راديان = $\frac{180}{\pi}$ درجة ستينية

مثال : حول الزاوية $163^{\circ}\ 30'\ 15"$ من النظام الستيني الى النظام الدائري

الحل: تحويل الزاوية الى الصيغة العشرية $163^{\circ} + (30' /60) + (15" / 360)$

تحويل الزاوية من النظام الستيني الى النظام الدائري $163.54166^{\circ} * \frac{\pi}{180} = 2.85548$ rad

واجب: حول الزاوية (2.85548 rad) الى النظام الستيني.

- التحويل بين النظام المئوي و النظام الدائري :

1 درجة مئوية = $\frac{\pi}{200}$ راديان (درجة دائرية)

1 درجة دائرية = $\frac{200}{\pi}$ درجة مئوية

مثال: حول الزاوية $15^{g}\ 50^{c}\ 80^{cc}$ من النظام المئوي الى النظام الدائري .

الحل: تحويل الزاوية الى الصيغة العشرية $15^{g} + (50^{c} / 100) + (80^{cc} / 10000)$

تحويل الزاوية من النظام المئوي الى النظام الدائري $15.508^{g} * \frac{\pi}{200} = 0.243$ rad

واجب: حول الزاوية (0.243 rad) الى النظام المئوي

مقياس الرسم

هو نسبة المسافة بين نقطتين على الخارطة الى المسافة الافقية بين هاتين النقطتين على الارض. مقياس الرسم يكون خالي من الوحدات.

انواع المقاييس المستعملة في المساحة:

- المقياس العددي (الكتابي)

هو نسبة ثابتة يوضح دائماً بكسر اعتيادي، بسطة الوحدة و مقامه عدد المرات التي تقابل هذه الوحده على الطبيعة، مثلاً $\frac{1}{100}$ ، $\frac{1}{500}$ ، $\frac{1}{2500}$. كما يمكن كتابة المقياس العددي بالصيغة التالية , 1/100 1: 2500 , 1: 500 , 1:100 , 1/2500 , 1/500. و مهما كان نوع الوحدة المستعملة فأن اي بعد على الخارطة يقابل في الطبيعة بعداً يساوي 100، 500، ..... الخ.

- المقياس التخطيطي

هو عبارة عن مسطرة صغيرة مرسومة اسفل الخارطة، يستعمل للقياس مباشرةً عليه، فاذا تعرضت الخارطة للتمدد او الانكماش فان المقياس سيتعرض له بنفس النسبة و بذلك فان الابعاد التي تستنتج منه او التي توقع بواسطته من الخارطة هي ابعاد صحيحة.

مميزات المقياس التخطيطي:

- يكون أسهل و اسرع من المقياس العددي، لسهولة تعيين الاطوال على الخارطة بدلا من اجراء العمليات الحسابية و التي تستغرق وقتا.
- يتعرض لنفس التأثيرات الجوية التي تتعرض لها الخارطة، و لذلك فانة يعطي قياسا ادق في اتجاهه الطولي على الاقل.
- يخضع مقياس الرسم التخطيطي للعوامل المؤثرة على الخارطة باعتباره جزءا منها، كتغير المقياس تصويريا.

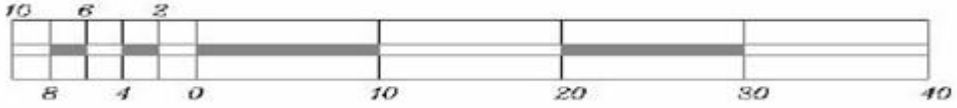
يرسم المقياس التخطيطي في اسفل كل خارطة قبل الابتداء في عمليات المسح.

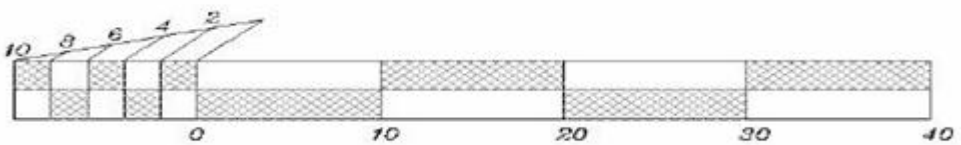
تنقسم المقاييس التخطيطية الى:

أولاً: المقياس الطولي البسيط LINEAR SCALE

يمثل نسبة خطية للمسافة الحقيقية، و يقيس لغاية مرتبتين (رقمين)، او مرتبة و جزئها،مثل سنتمتر (سم) و مليمتر (ملم)، وعندما تكون القياسات المطلوبة لمرتبة عشرية واحدة مثل 4.6 سم ، 2.3 م. و يرسم على شكل خط أفقي مدرج حسب دقة المقياس. توجد عدة أنواع للمقياس الطولي البسيط كما في الشكل.

صور أخرى لتصميم ورسم نفس المثال السابق





طريقة تصميم المقياس الطولي البسيط

- دقة المقياس هي أقل قراءة يمكن الحصول عليها من المقياس، و ان اي قراءة اقل من الدقة تكون تقريبية (بالتقدير)، أو يصمم مقياس آخر بدقة أعلى.
- المقياس الطولي البسيط يتكون من جزئين:

المقياس الرئيسي و يكون على يمين الصفر و مكون من عدد مناسب من الاقسام الرئيسية، و حسب أكبر قراءة مطلوبة على المقياس.

المقياس الفرعي و هو قسم واحد من الاقسام الرئيسية و يكون على يسار الصفر و يقسم الى عدد من الاقسام الفرعية حسب الدقة المطلوبة.

مثال: صمم (أرسم) مقياس تخطيطي طولي ذو دقة 2 متر، و يقرأ عشرات الامتار، و أكبر قراءة ممكنه على المقياس 50 متر، معتمداً مقياساً عددياً 1:500. ثم بين المسافة 34 م على المقياس.

الحل:

1- نجد الطول الكلي للمقياس Sc 1 : 500

50 * 100 * (1/500) = 10 cm (اكبر قراءة)

عدد أقسام المقياس = $\frac{\text{اكبر قراءة}}{\text{قيمة الامتار المطلوبة}} = \frac{50}{10} = 5$

طول القسم الرئيسي = $\frac{10\ cm}{5}$ = 2 cm

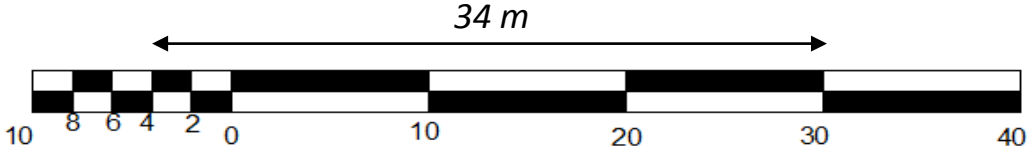
2- نجد عدد الاقسام الفرعية للمقياس الفرعي

عدد الاقسام الفرعية = $\frac{\text{طول القسم الرئيسي على الارض}}{\text{الدقة المطلوبة}} = \frac{10\ m}{2\ m} = 5$

طريقة الرسم:

1- نرسم خط افقي و يقسم الى مسافات متساوية كل منها 2 سم.
2- نترك قسم واحد على اليسار و نبدأ بالترقيم (التدريج) من اليسار الى اليمين.
3- نقسم المقياس الفرعي الى عدد الاقسام الفرعية المطلوبة.

طول القسم الفرعي = $\frac{\text{طول القسم الرئيسي على الخارطة}}{\text{عدد الاقسام الفرعية}} = \frac{2\ cm}{5}$ = 4 ملم.



ثانياً: المقياس الشبكي (القطري) DIAGONAL SCALE

يستعمل هذا النوع من المقاييس عندما تكون الدقة المطلوبة في القياس كبيرة بحيث يصعب رسمها في المقياس التخطيطي الطولي، و يقيس لغاية ثلاث مراتب (ارقام)،مثل 27.4 متر، مثل مقياس رسم 1:2000 دقته واحد متر، حيث يصعب بيان قسم مقداره 0.5 ملم على الرسم. لذا يعمل مقياس شبكي على يسار صفر التدريج للمقياس الخطي. و المقياس الشبكي مبني على نظرية الخط الذي يقطع مستقيمات متوازية على ابعاد متساوية.

مثال: صمم مقياس رسم تخطيطي شبكي ذو دقه واحد متر، مبينا عليه قراءات (كل 40 م). و اكبر قراءة ممكنة على المقياس 200 م، اذا علمت ان المقياس العددي 1:2000 . ثم بين المسافة 97 متر.

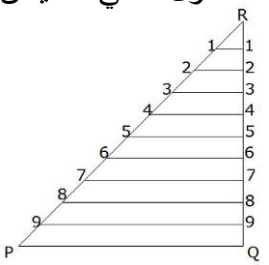
الحل:

1- نجد الطول الكلي للمقياس Sc 1 : 2000

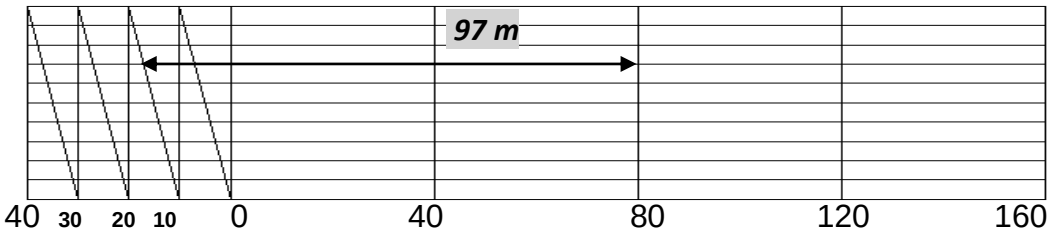
200 * 100 * (1/2000) = 10 cm (اكبر قراءة)

عدد أقسام المقياس = $\frac{\text{اكبر قراءة}}{\text{قيمة الامتار المطلوبة}}$ = $\frac{200}{40}$ = 5

طول القسم الرئيسي = $\frac{10\ cm}{5}$ = 2 cm



2- نقسم الجزء الفرعي الى اربع اقسام متساوية (تقرأ عشرات الامتار)، ثم نقيم عمود على نهاية المقياس اليسرى و نقسم هذا العمود الى 10 اقسام متساوية (يقرأ آحاد الامتار). و بذلك نحصل على دقة قياس واحد متر.



أمثلة مقيا س الرسم

مثال: قطعة ارض مساحتها الحقيقية 1760000 m^2 أوجد مساحة القطعة على الخارطة اذا علمت ان مقياس الرسم 1:2500 .

المساحة الحقيقية = 1760000 m^2 m^2 $\xrightarrow{*\ 10000}$ cm^2

Sc = $\frac{1}{(2500)2}$ = $\frac{Area}{1760000\ m2*10000}$

Area = 2816 cm^2 على الخارطة

مثال: قطعة ارض مساحتها المرسومة $2816\ cm^2$ أوجد مساحة القطعة الحقيقية اذا علمت ان مقياس الرسم 1:2500 .

المساحة المرسومة = $2816\ cm^2$ cm^2 $\xrightarrow{\div 10000}$ m^2

$Sc = \frac{1}{(2500)2} = \frac{2816\ cm2\ \ 10000}{Area}$

Area = 1760000 m^2 على الارض

مثال: قطعة ارض ابعادها 1000 متر * 1500 متر، يراد رسمها على ورقة رسم ابعادها 50 سم * 70 سم، فاذا تركنا حاشية 3 سم من كل جانب من الورقة، ما هو مقياس الرسم المناسب لرسم قطعة الارض هذه ؟

الحل:

نجد الابعاد الصافية لورقة الرسم $50 - 6 = 44\ cm$, $70 - 6 = 64\ cm$

نجد مقياس الرسم للبعد الاول $Sc = \frac{\text{البعد على الخارطة}}{\text{البعد على الارض}} = \frac{44}{1000*100} = \frac{1}{2272.72}$

نجد مقياس الرسم للبعد الثاني $Sc = \frac{\text{البعد على الخارطة}}{\text{البعد على الارض}} = \frac{64}{1500*100} = \frac{1}{2343.75}$

نختار مقياس الرسم الاصغر (مقام المقياس اكبر) و هو $\frac{1}{2343.75}$.

- مقياس الرسم يكون مقامه عدد صحيح، في هذه الحالة نقرب مقام المقياس الى اقرب عدد صحيح يكون أكبر من مقام المقياس الحالي.

يكون مقياس الرسم المطلوب هو $Sc = \frac{1}{2500}$

مثال: اذا كانت المسافة بين مدينتين 200 كيلومتر رسمت على خارطة فكان طولها في الرسم 5 سم أوجد مقياس الرسم الذي رسمت به هذه المسافة ؟

الحل:

البعد الحقيقي = 200 كم ، البعد في الرسم = 5 سم

تحويل الكيلو متر الى سنتيمتر = 200 × 100000 = 20000000 سم

مقياس الرسم = البعد في الرسم / البعد الحقيقي

مقياس الرسم = 5 / 20000000

مقياس الرسم = 1 / 4000000 ، 1 : 4000000

مثال: قطعة أرض مستطيلة الشكل مساحتها 1200 متر مربع رسمت بمقياس رسم 1 : 200 فكان طولها في الرسم 20 سم ، أوجد العرض الحقيقي لها.

الحل:

مقياس الرسم : 1 : 200 ، الطول في الرسم : 20 سم

مقياس الرسم = الطول في الرسم / الطول الحقيقي

1 / 200 = 20 / الطول الحقيقي

الطول الحقيقي = 200 × 20 = 4000 سم

الطول الحقيقي بالمتر = 4000 / 100 = 40 متر

المساحة = الطول × العرض

اذاً العرض = المساحة ÷ الطول

العرض = 1200 ÷ 40 = 30 متر

قياس الاطوال و المسافات

يعتبر قياس الاطوال اساس كل الاعمال المساحية، و تختلف طرق القياس تبعاً لأختلاف الدقة. كما أن الوسائل المستعملة في قياس الأطوال تختلف من معدات بسيطة التركيب و الأستعمال الى أخرى تتفاوت في تعقيد تركيبها و دقة صنعها تفاوتاً كبيراً.

الطرق المتبعة في قياس المسافات:

1- طرق تقريبية مثل أستعمال الخطوة و سرعة السيارة.
2- أستعمال ادوات القياس الطولية كالشريط او السلسة.
3- استعمال الاطوال و الزوايا.
4- استعمال طرق بصرية خاصة كما في المساحة التاكيومترية.
5- استعمال الاجهزة الالكترونية مثل (EDM, Total Station, Hand-Held Distance Meter)
6- الرادار.

الادوات المستعملة في القياسات الطولية

1- السلسلة Chain

كانت السلسلة تستعمل سابقا في قياس الاطوال. أما الان فلا تستعمل الا في القياسات التي لا تتطلب دقة عالية أو في القياسات التمهيدية، تتكون السلسلة من مائة قطعة من السلك الصلب، طول كل منها 20 سم و قطرها 3 ملم، تتصل هذه القطع مع بعضها بثلاث حلقات من المعدن نفسه و تسمى كل قطعة من هذه القطع *لنك* (Link) أو عقلة، و تقاس من منتصف الحلقة الوسطى الى منتصف الحلقة الوسطى التالية، و تنتهي السلسلة بمقبضين من النحاس. توجد السلاسل بطول 10، 20، 30 متر. أما السلاسل شائعة الاستعمال في العراق فهي 20 متر.

من فوائد السلسلة هو استعمالها في الاراضي الوعرة أو الموحلة و في المزارع و الحقول لتحملها الاعمال العنيفة و سهولة اصلاحها و رخص ثمنها. أما عيوبها فهي غير دقيقة في القياس، ثقل وزنها، صعوبة جعلها افقية على الاراضي شديدة الانحدار و كذلك زيادة و نقصان طولها بسبب تأثرها بالعوامل الجوية.

2- أشرطة القياس Tapes

- الشريط الكتاني Cloth Tape or Linen Tape

عبارة عن شريط من نسيج الكتان المسلح باسلاك رفيعه من الصلب (البرونز، النحاس الاصفر، النحاس الاحمر)، منسوجة باتجاه طوله و تساعد على حفظ طولة و تمنعه من التمدد او التقلص و لا يتأثر بالمياه (water proof)، يتدرج الشريط الى سنتمترات و مليمترات مكتوبة علية باللون الاسود، و الى امتار مكتوبة باللون الاحمر. تتراوح أطواله بين 50 ,30 ,20 ,15 ,10 ,7.5 و عرضه 10- 15 ملم.

مميزات الشريط الكتاني (خفة وزنه، سهولة حمله، عدم تعرضه للكسر نتيجة مرور المركبات عليه)، عيوب الشريط الكتاني (انكماش و تمدد اليافه بسهولة اذ تتاثر كثيرا بالعوامل الجوية من حرارة و رطوبة، يصعب شده و جعله مستقيما في ايام الريح العالية).

- الشريط الفولاذي Steel Tape

يشبه الشريط الكتاني الا انه يصنع من الصفيح الرقيق محفور عليها التدريجات حسب النظام المتري أو حسب النظام البريطاني، يتألف الشريط الفولاذي من ملف يلف حول محور معدني داخل علبه من الجلد أو المعدن، او على بكرة مفتوحة من المعدن.

يتميز الشريط الفولاذي (صلابتها، دقتها، خفتها، سهولة حملها، قلة تمددها و انكماشها)، اما عيوبه (سريع الكسر، سريع الصدأ عند تعرضه للرطوبة، يصعب استعماله في الهواء الشديد).

- شريط الانفار Invar Tape

يعتبر من أدق الاشرطة المستخدمة، و هو مصنوع من سبيكة من الفلاذ steel بنسبة 64%، و النيكل Nickel بنسبة 36%. حيث ان معامل تمدده صغير جداً، يبلغ عرض الشريط 6 ملم و يوجد بعدة اطوال 30، 100 متر. يستعمل في أعمال المساحة الدقيقة كقياس خط القاعدة Base Line في عمليات التثليث Triangulation و في الاعمال الهندسية التي تتطلب دقة عالية و في معايرة الاشرطة.

توجد انواع اخرى من الاشرطة كالشريط الدوار و شريط القياس الرقمي .... الخ.

3- الشواخص RANGING POLES or RANGING RODS

هي أعمدة من الخشب أو المعدن أو فايبركلاس، اسطوانية الشكل او منشورية. يتراوح طولها بين 2- 5 متر، و قطرها 3 – 5 سم، قد يكون الشاخص قطعة واحده أو متداخل، يكون احد طرفيها مدبب ينتهي برأس حديدي على شكل مخروط لسهولة غرزه في الارض و حفظها من التآكل. يلون الشاخص بالوان متبادلة و متساوية المسافة باللون الابيض و الاحمر او اللون الابيض و الاسود حتى يسهل رؤيتها و تميزها. تستعمل الشواخص لتعيين الاتجاهات و معرفة اماكن الاوتاد عن بعد فيمكن الرصد عليها و قياس المسافات منها و تعيين اي نقطة جديدة. يجب ملاحظة ان تكون الشواخص على النقاط عمودية على سطح الارض.

4- حامل الشواخص STAND

عبارة عن حامل ذو ثلاث ارجل من الحديد او الخشب متصلا اتصالا مفصليا بانبوب معدني قصير يوضع داخلها الشاخص، يستعمل حامل الشاخص في حالة كون الارض المراد غرز الشاخص فيها صلبة.

5- الاوتاد PEGS

و هي نوعان الاول من الخشب يتراوح طولها بين 30 – 50 سم تقريبا، و تكون مدببة من احد طرفيها، قد تكون الاوتاد مستديره او مضلعة، قطرها 3 – 5 سم. و النوع الثاني من الحديد على هيئة زوايا حديدية او مسامير، و يستعمل هذا النوع في الاراضي الصلبة كالاسفلت.

6- الشاقول PLUMB-BOB

عبارة عن ثقل معدني مخروطي الشكل معلق بخيط متين، يستعمل لتعيين المسقط الافقي لاي نقطة، و في ضبط رأسية الجدران و اركان المباني و في الاغراض التي تتطلب تعيين خطوط رأسية.

7- النبلة الشوكية ARROW or PIN

هي اسلاك من الحديد او الصلب، يتراوح قطرها بين 3 – 5 ملم، و طولها يتراوح بين 20 – 40 سم تقريباً، احد طرفيها مدبب اتسهيل غرزه في الارض ، و الطرف الثاني على شكل حلقة دائرية كمقبض، تستعمل النبال لتعيين نقاط متوسطة على خط السير و في تحديد مواقع الشريط اثناء القياس و تحديد عدد الذرعات، و عادةً تكون كل عشرة نبلات مجموعة واحدة.

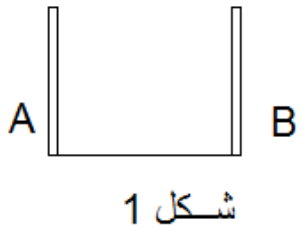
قياس المسافات الأفقية Measurement of Horizontal Distance

يعتبر قياس المسافات بين النقاط المختلفة على سطح الارض احد العمليات الاساسية في حقل المساحة، فعلى سبيل المثال لتعين موقع نقطة ما يستعان بقياس المسافات او الزوايا او كليهما معا. لهذا الغرض فان قياس المسافات الافقية يعتمد عليها كثيرا في تعيين مواقع النقاط او في حساب الكميات المطلوبة، و تحدد المسافات الافقية بين النقاط اما بقياسها مباشرة او عن طريق قياس المسافات المائلة و ارجاعها على نظيرتها الافقية، و يمكن ايجاد المسافات الافقية حسابيا من المسافات الافقية الاخرى باستخدام العلاقات الرياضية. مهما تكون اساليب قياس المسافات كثيرة و متنوعة فلا بد من ارجاع او تحويل المسافة المقاسة الى ما يعادلها في المسقط الافقي.

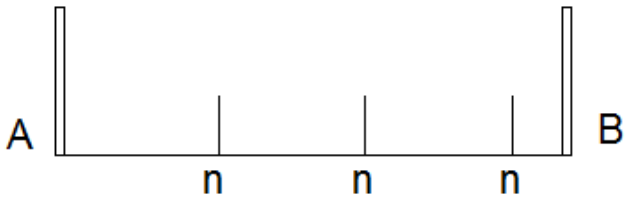
الحالة الاولى: اذا كانت الارض مستوية *تقريباً*

1- اذا كانت المسافة الافقية اقصر من طول الشريط: (شكل 1)

يحدد موقع النقطتين بواسطة اوتاد حديدية او خشبية، ثم يمد الشريط بين الوتدين المحددين لطول الخط بحيث يكون مستقيما و افقيا، يثبت صفر الشريط على الوتد الاول و تؤخذ القراءة على الوتد الثاني.



شـــكل 1



شـــكل 2

2- اذا كانت المسافة الافقية اطول من طول الشريط: (شكل 2)

يحتاج القياس في هذه الحالة الى التوجية بواسطة الشواخص، فيوضع شاخص على النقطة الاولى A و شاخص على النقطة الاخيرة B. يحتاج العمل الى شخصين يسمى الاول *الخلفي* الذي يمسك بيده بداية الشريط على النقطة الاولى A، و الثاني *الامامي* الذي يمسك بيده نهاية الشريط و باليد الاخرى شاخص و مجموعة من النبال. يقوم الشخص الاول بتوجيه الشخص الثاني يمينا و يسارا حتى يكون وضع الشاخص بين الشاخصين الموضوعين في A&B على خط مستقيم، يشد (الامامي) الشريط بحيث يكون مستقيما و افقيا و يغرز نبلة في نهاية الشريط. يتحرك (الامامي) باتجاه B، يتحرك (الخلفي) باتجاه النبلة، يثبت صفر الشريط على النبلة، يقوم بتوجيه (الامامي) يمينا و يسارا حتى يكون وضع الشاخص على خط مستقيم كما في الحالة الاولى يغرز (الامامي) نبلة ثانية في نهاية الشريط. يستمر العمل بنفس الطريقة الى ان يصل (الامامي) الى B .

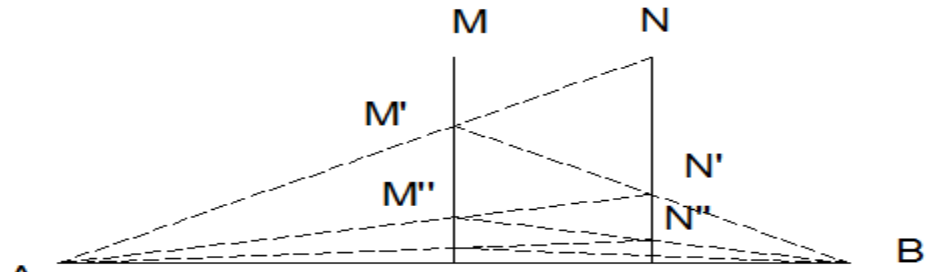
لو فرضنا : H : المسافة الكلية AB، L : طول الشريط، N : عدد النبلات، c : طول الجزء المتبقي من الشريط.

فان المسافة الكلية AB تحسب كما يلي: $AB = L * N + c$

3- اذا كانت المسافة الافقية طويلة بحيث يتعذر رؤية نهايتيها: (شكل 3)

يفرض ان المسافة المطلوب قياسها AB كبيرة بحيث يتعذر رؤية A من B بوضوح.

نختار نقطتين مساعدتين M&N، بحيث يمكن رؤية A&M من نقطة N، ثم رؤية B&N من نقطة M، بحيث تكون هاتان النقطتان اقرب ما يمكن من اتجاه المسافة AB، يقف شخصان في كل من M,N و بيد كل منهما شاخص، يحرك الشخص الموجود في N الشخص الموجود في M ليكون على امتداد AN، و يحتل نقطة مثل 'M، بحيث تكون AM'N على استقامة واحدة.ثم يوجه الشخص الموجود في 'M الشخص المحتل لنقطة N جاعلاً وضعه بحيث يكون على امتداد M'B و يحتل النقطة 'N،حيث يكون M'N'B على استقامة واحدة. تكرر العملية بالتبادل حتى يمكن الحصول على وضع يكون فيه AMNB على استقامة واحدة. بعد ذلك تقاس الاجزاء AM, MN, NB بأحد طرق القياس.



شـــكل 3

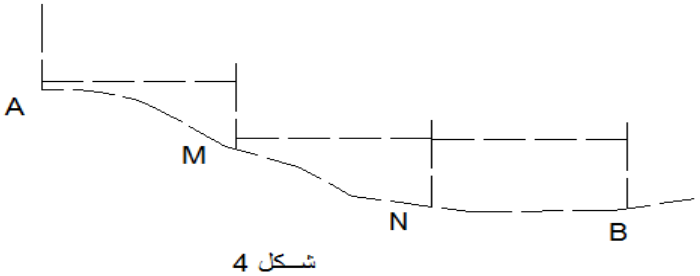
الحالة الثانية: اذا كانت الارض غير منتظمة الانحدار (شكل 4)

اذا كان سطح الارض فيما بين نقطتين A,B مائلاً و لا بد من قياسه على المنحدر لعدم امكانية تفادي ذلك، فيقاس هذا الخط على المنحدر و يحسب مسقطه الافقي الذي يرسم على الخارطة، و لايجاد هذا المسقط مباشرةً في الطبيعة يتبع احدى الطرق التالية:

- تقسم المسافة على المنحدر الى عدة اجزاء قصيرة و حسب طبيعة الارض، يقاس المسقط الافقي لكل جزء (شكل 4).

يوضع شاخص في كل من A & B، و توضع شواخص في النقاط الوسطية M & N ، تقاس المسافات الافقية AM, MN, NB . تحسب المسافة الافقية الكلية كما يلي:

$$D = AM+MN+NB$$



شـــكل 4

الحالة الثالثة: اذا كانت الارض منتظمة الانحدار (شكل 5)

- تقاس المسافة AB على المنحدر و تقاس زاوية الميل في اتجاه الخط AB باحدى اجهزة قياس الزوايا، ثم يحسب المسقط الافقي المطلوب. $H = S \cos Q$

حيث H: المسافة الافقية، S: المسافة المائلة (المقيسة)، Q: زاوية الميل

مثال: مسافة مائلة طولها 141.216 متر، و زاوية انحدارها 1º 20' . اوجد المسافة الافقية.

الحل: $H = S \cos Q$

$=141.216 * \text{Cos } 1º\ 20' = 141.178 \text{ m}$

- تقاس المسافة المائلة AB على المنحدر و يقاس فرق الارتفاع (المنسوب) h بأحد الاجهزة المساحية، تحسب المسافة الافقية بواسطة نظرية فيثاغورس. (شكل 5)

$S^2 = H^2 + h^2$

$H^2 = S^2 - h^2$

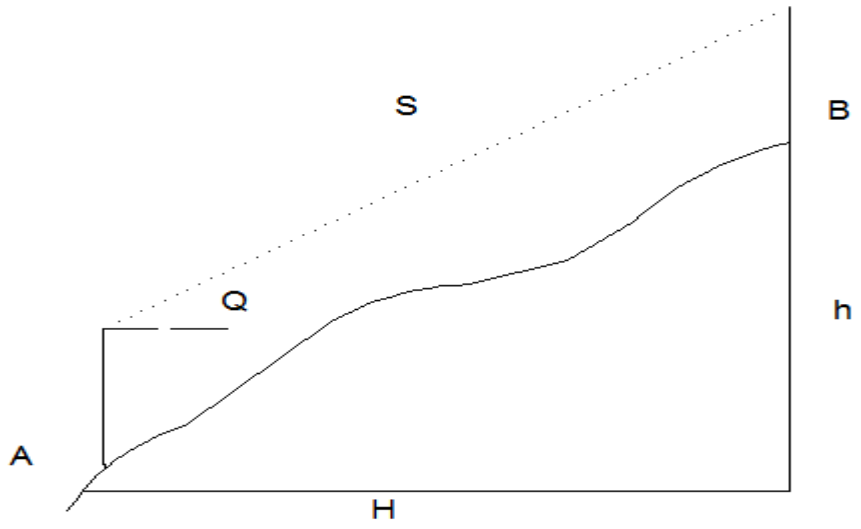
$H = \sqrt{(S^2 - h^2)}$

مثال: اذا كانت المسافة المائلة على المنحدر 253.101 متر، و فرق الارتفاع 3.721 متر. أحسب المسافة الافقية .

الحل: $H = \sqrt{(S^2 - h^2)}$

$= \sqrt{(253.101^2 - 3.721^2)}$

$H = 253.074 \text{ m}$



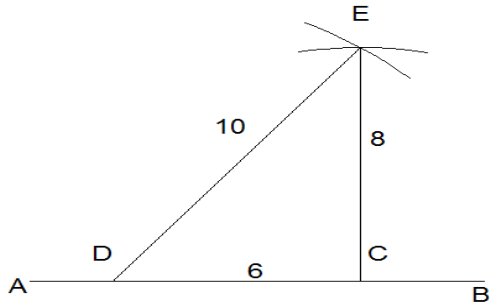
أقامة و أسقاط الأعمدة بواسطة شريط القياس

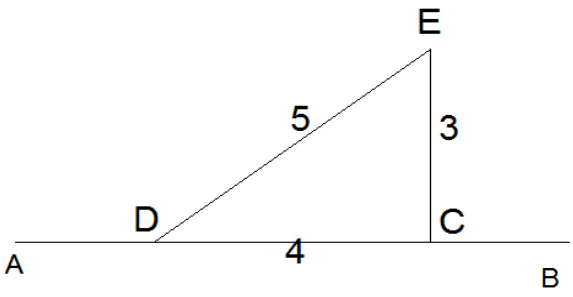
عند بداية اي مشروع لابد من عمل رفع مساحي للارض، و قد نصادف عوائق اثناء الرفع المساحي والتي يتوجب حلها و استخراج نتائجها في الحقل مباشرةَ بأستخدام طريقة اسقاط او اقامة الاعمدة من خط السير و كيفية تشكيل زاوية قائمة و رسم موازي لخط السير.

أقامة الاعمدة من خط السير (من نقطة واقعة عليه)

- أقامة زاوية قائمة بطريقة 3, 4, 5 أو مضاعفاتها بواسطة الشريط. (شكل 6)

يثبت صفر الشريط على النقطة D و التي تبعد بمقدار 4 متر عن نقطة C (المراد أقامة العمود منها)، يفك الشريط و نثبت العلامة 12 متر على النقطة D أيضاَ، نثبت العلامة 4 متر على نقطة C، ثم بواسطة شوكة يشد الشريط عند العلامة 7 متر، فتتعين لدينا النقطة E، فيكون EC هو العمود على AB من نقطة C.



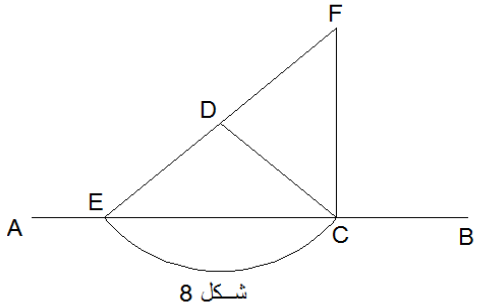


- طريقة تقاطع قوسين بنصف قطر معلوم. (شكل 7)

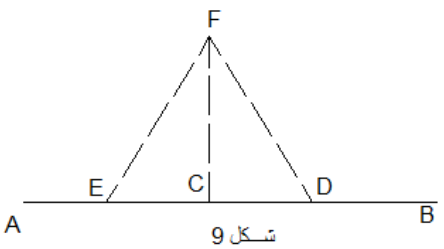
يعين من النقطة C بعداً مقداره 6 متر على امتداد خط السير و تثبت نقطة D، يثبت صفر الشريط في نقطة C و توضع شوكة ملاصقة للبعد 8 متر على الشريط، يوتر الشريط و يرسم قوسا بواسطة الشوكة على الارض. ثم يوضع صفر الشريط في نقطة D و توضع شوكة ملاصقة للبعد 10 على الشريط، يوتر الشريط و يرسم قوسا بواسطة الشوكة على الارض. يتقاطع القوسان في نقطة E. فيكون EC هو العمود على AB من نقطة C.

- طريقة رسم قوس من نقطة خارجيه. (شكل 8)

تؤخذ نقطة خارج خط السير مثل النقطة D، تعين على الارض بوتد، يثبت صفر الشريط في D و بطول المسافة DC يرسم قوس بواسطة الشوكة الى ان يتقاطع مع خط السير في E، فيكون لدينا DC=DE، يمد الشريط بأمتداد ED و بنفس الطول ED تتعين النقطة F. الخط الواصل بين FC هو العمود على AB من نقطة C.



شـكل 8



شـكل 9

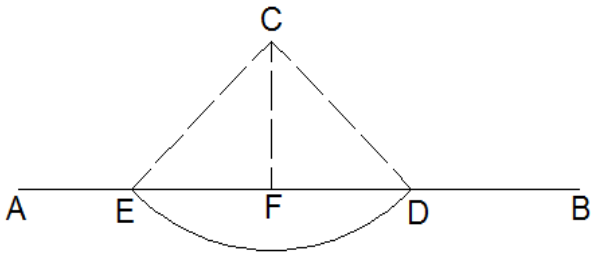
- طريقة المثلث المتساوي الساقين. (شكل 9)

تحدد على خط السير نقطتان D, E يمين و يسار النقطة C، و على ابعاد متساوية بحيث CD=CE.يثبت صفر الشريط على النقطة D و بطول مناسب يثبت الطرف الاخر للشريط على النقطة E، يشد الشريط على الارض من منتصفه تماماً و تعتبر النقطة التي يعينها منتصف الشريط في هذا الوضع و لتكن F هي أحد نقاط العمود المطلوب، و يكون FC هو العمود على AB من نقطة C.

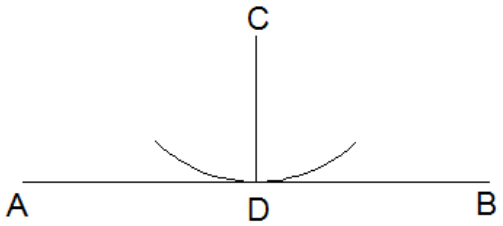
أسقاط الاعمده على خط السير (من نقطة خارجة عنه)

- طريقة أقصر مسافة. (شكل 10)

في حالة أمكانية الوصول الى النقطة C التي تقع خارج خط السير و المراد اسقاط العمود منها، يثبت صفر الشريط في النقطة C، يحرك الشريط على خط السير حتى يحصل على اقل قراءة بين النقطة C و خط السير. أقل قراءة هي أقصر بعد بين النقطة و خط السير و تمثل العمود المطلوب CD.



شـــكل 11

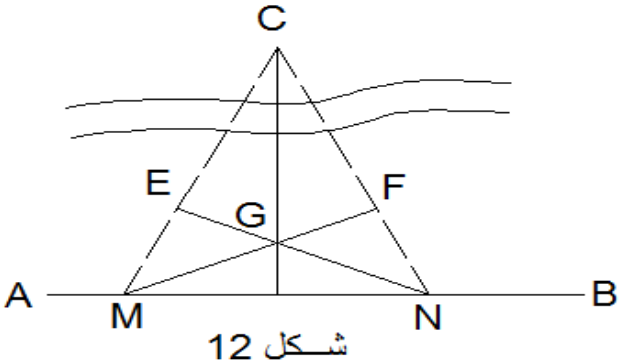


شـــكل 10

- اذا كانت النقطة المطلوب اسقاط العمود منها على خط السير قريبة منه مع عدم وجود عائق يعوق عملية القياس.(شكل 11). يفرض ان النقطة C المراد اسقاط العمود منها هي خارج خط السير AB، يثبت صفر الشريط على النقطة C، ثم يرسم بالشوكة الملاصقة للشريط قوس على الارض بنصف قطر مناسب بحيث يقطع خط السير AB في نقطتين مثل D, E ثم تنصف المسافة DE بنقطة F، فتكون نقطة F هي هي احدى نقاط العمود المطلوب، و يكون CF هو العمود المطلوب.

- اذا كانت النقطة C بعيدة عن خط السير و يفصلها عائق (قناة مائية مثلاً). (شكل 12)

تعين اي نقطتين على خط السير و لتكن M, N ثم من نقطة M ينزل العمود على المستقيم CN في F، و من نقطة N ينزل عمود على المستقيم CM في E. يتقاطع العمودان في نقطة G. من نقطة G ينزل العمود على MN في نقطة D. امتداد DG على استقامتة يلاقي النقطة C.

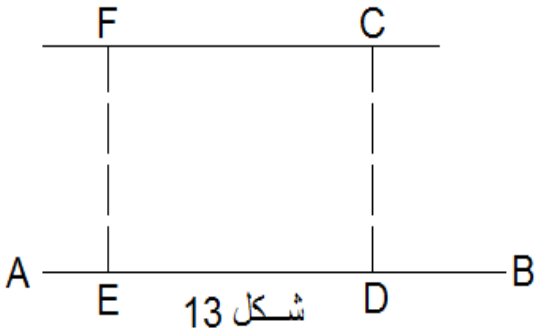


شـــكل 12

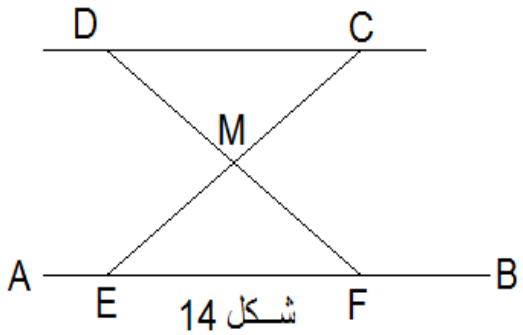
رسم خط موازي لخط السير من نقطة معلومه خارجة عنه

قد يطلب منا في بعض الاحيان تعين طريق أو قناة توازي ظاهرة طويلة (خط سكة حديد أو طريق عام). يتم العمل كما يلي:

- من النقطة المعلومة C يسقط عموداً على AB بأحدى الطرق السابقة، و ليكن CD. ثم تعين نقطة أخرى مثل E على AB و نقيم منها عموداً، و نعين عليها الطول EF و الذي يساوي CD، فلو وصل CF يكون هو الخط الموازي لـ AB. (شكل 13).



شـكل 13



شـكل 14

- لدينا النقطة C خارجة عن خط السير و المطلوب رسم موازي منها لخط السير. توصل نقطة C باي نقطة مثل E على خط السير، و ينصف CE في نقطة M، ثم تؤخذ اي نقطة مثل F واقعة على خط السير و توصل بالنقطة M، و تمد على استقامتها بقدر المسافة MF الى النقطة D، يكون CD هو الموازي لـ AB. (شكل 14).

العقبات (الموانع) Obstacles

كثيرا ما يحدث اثناء عمليات المسح ان تعترض القياسات بعض الموانع التي لايمكن معها السير في العمل بالطرق المعتاده، وعندئذ يُضطر الى اتباع طرق اخرى يُستطاع بها التغلب على هذه الموانع او العقبات وانجاز العمل المطلوب.

تنقسم العقبات او الموانع الى ثلاث اقسام رئيسية:

اولا: العقبات التي تعوق عملية التوجية ولا تعوق عملية القياس

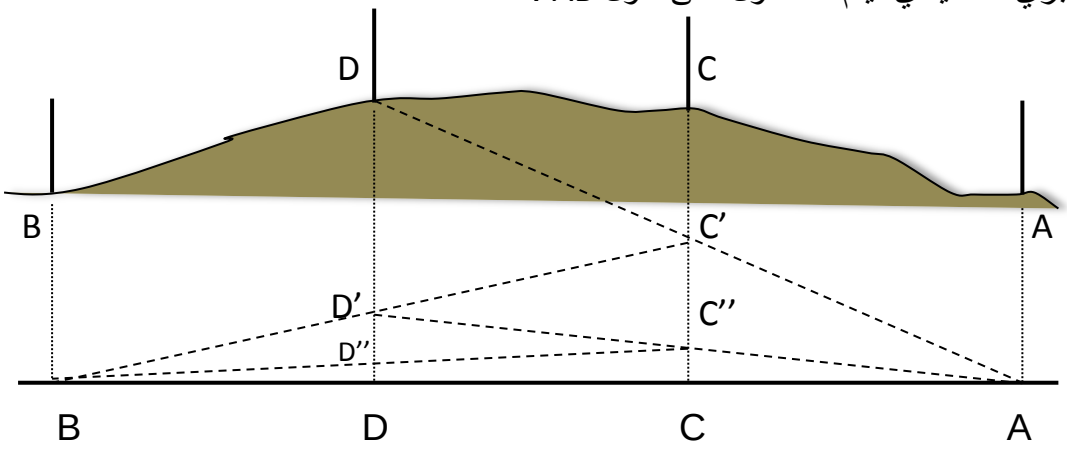
في هذه الحالة من العقبات لايمكن التوجية وذلك لعدم امكانية رؤية نهايتي المسافة المراد قياسها كما في الجبال والوديان.

مثال: المطلوب قياس المسافة بين النقطتين A و B .

الحل:

بما ان النقطتين لا يمكن رؤية احداهما من الاخرى. لبعد المسافة بينهما ولوجود مرتفع (عائق) يحجب كل منهما عن الاخرى. يتم تعيين نقاط وسطية بين A و B ومن ثم قياس المسافة AB.

- يثبت شاخص في كل من A وB ويصعد شخصان على التل وبيد كل منهما شاخص ولنرمز لهما C وD.
- يوجه الشخص الاول الواقف في نقطة D الشخص الثاني الواقف في نقطة C حتى يكون على استقامة AD في نقطة C' .
- يقوم الشخص الموجود في C' بتوجيه الشخص الواقف في نقطة D حتى يكون على استقامة BC' في نقطة جديدة يرمز لها D'.
- تتكرر العملية حتى الحصول على استقامة واحده للشواخص، وتقاس الاجزاء AC, CD, DB بالجمع الجبري الاعتيادي فيتم الحصول على طول AB .



AB = AC + CD + DB

ثانيا: العقبات التي تعوق عملية القياس ولا تعوق عملية التوجية

ينقسم هذا النوع من العقبات الى قسمين:

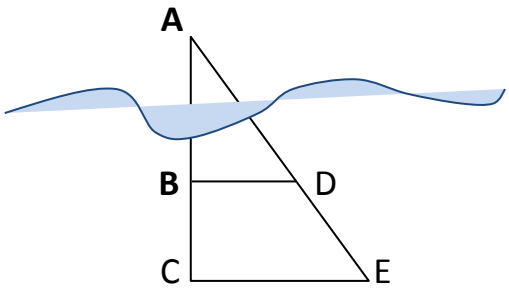
أ- عقبات لا يمكن الدوران حولها

عقبات هذا النوع تكون ممتده كالانهار والوديان ومجاري المياه والتي يزيد اتساعها على طول الشريط.

مثال: المطلوب قياس المسافة بين النقطتين A وB واللّتان تقعان على جانبي النهر، كما في الشكل.

الحل:

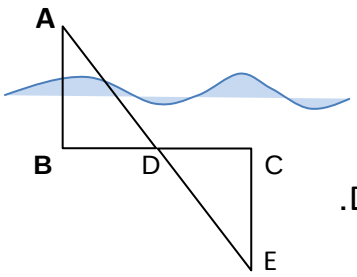
- تعين نقطة C على امتداد الخط AB ، ثم من نقطة B يقام عمود على الخط AB وبمسافة مناسبة، تعين نقطة D .
- من نقطة C يقام عمود على AC موازيا للعمود BD.
- يقوم شخص يحمل شاخص عند نقطة C بتوجيه شخص اخر يحمل شاخص يكون على امتداد AD فتثبت نقطة E . والتي تكون على امتداد AD.
- وبقياس المسافات BC, BD, CE ومن تشابه المثلثين ABD, ACE يمكن حساب المسافة AB .



$$AB = \frac{BC * BD}{CE - BD}$$

مثال: المطلوب قياس المسافة بين النقطتين A , B واللّتان تقعان على جانبي النهر.

الحل:

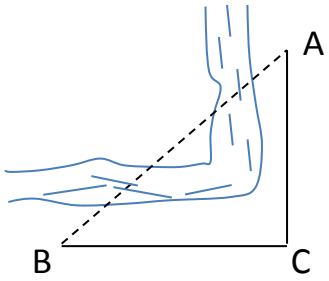


- يثبت شاخص في كل من A , B ثم يقام عمود من نقطة B على المستقيم AB يعين على هذا العمود طول مناسب مثل BC.
- تقاس المسافة BC و يوضع شاخص في منتصف هذه المسافة في نقطة D.
- من نقطة C يقام عمود على BC، يتحرك شخص وبيده شاخص على استقامة هذا العمود باتجاه النقطة E حتى يكون في وضع يرصد الشاخص الذي بيده على استقامة الشاخصين الموضوعين في A,D تعين نقطة E .
- حيث ان المثلثين ABD , DCE متطابقين، فيكون البعد CE مساويا الى البعد AB المطلوب قياسه.

مثال: المطلوب قياس المسافة AB والتي يعوق قياسها نهر كما في الشكل.

الحل:

- نبحث عن نقطة مثل C بواسطة المثلث المرئي Optical Square والتي تكون رأس الزاوية ABC القائمة، مراعين في ذلك امكانية قياس المسافتين AC ، BC ثم نطبق نظرية فيثاغورس في ايجاد المسافة AB.



$$AB = \sqrt{AC^2 + BC^2}$$

ب- عقبات يمكن الدوران حولها

عقبات هذا النوع تكون متسعة كالبرك والمستنقعات والحفر التي يمكن الدوران حولها.

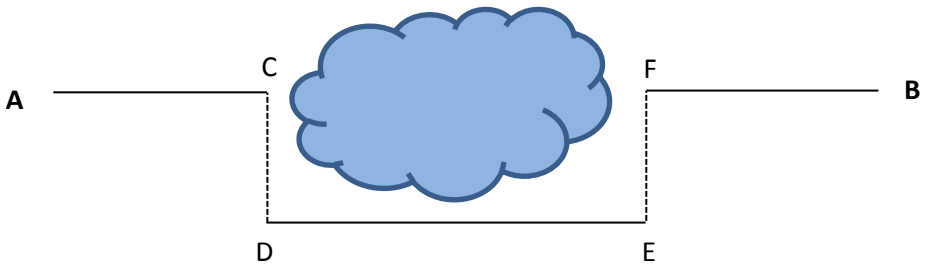
مثال: المطلوب قياس المسافة AB التي تعترضها بركة يمكن الدوران حولها.

الحل:

- يوضع شاخصين في A,B بحيث يمكن تبادل الرؤية بينهما، تعين نقطة C على امتداد AB عند حافة البركة.
- من نقطة C يقام عمود على AC حتى نهاية البركة وتعين نقطة D ثم يقام عمود على CD من نقطة D حتى نهاية البركة الاخرى وتعين نقطة E .
- ثم من نقطة E يقام عمود على DE يكون موازيا ومساويا للعمود CD، وعلى امتداد AB تعين نقطة F . تقاس المسافة AB كما يلي:

AB = AC+ DE + FB

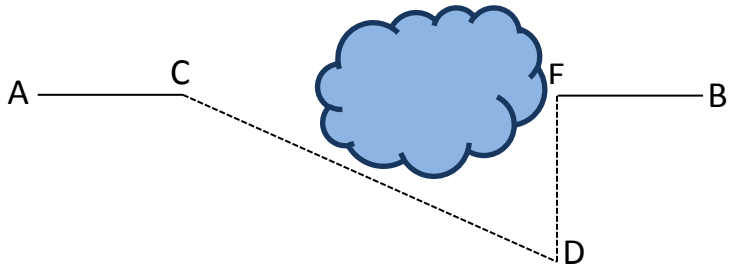
ملاحظة: يجب ان تكون النقطتين F,C اقرب ما يكون الى حافة البركة.



مثال:- المطلوب قياس البعد AB الذي تعترضه بحيرة يمكن الدوران حولها.

الحل:

- يوضع شاخصين في A, B بحيث يمكن رؤية احدهما من الاخر، على امتداد AB تعين نقطة C قرب البحيرة.
- من نقطة C و باتجاه مناسب تعين نقطة D التي تكون على الجهة الثانية من البحيرة.
- من نقطة D نقيم عمود على AB في نقطة مثل E الواقعة عليه.
- تقاس المسافات AC, CD, DE, EB ثم تحسب المسافة CE باستخدام نظرية فيثاغورس.



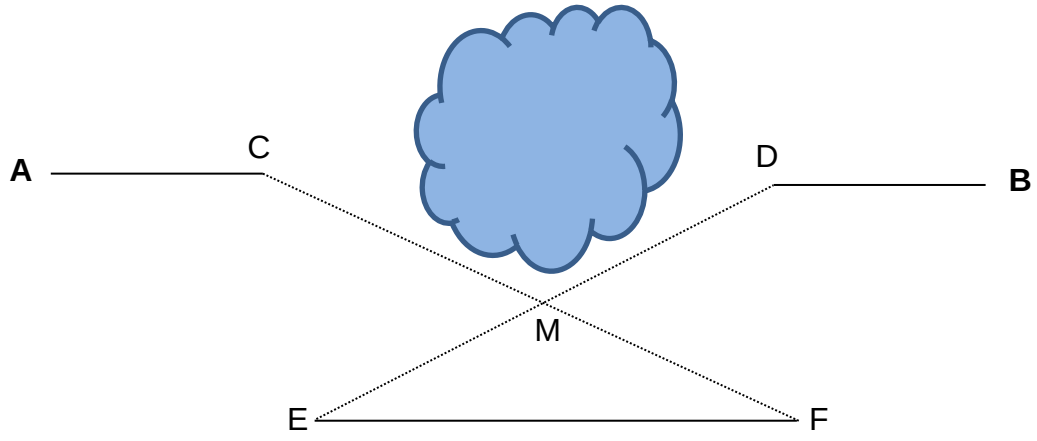
$$CE = \sqrt{CD^2 - ED^2}$$

$$AB = AC + CE + EB$$

مثال: المطلوب قياس البعد بين A, B اللتَان تقعان على جانبي بحيرة يمكن الدوران حولها.

الحل:

- يثبت شاخص في كل من A, B ثم تعين نقطة C على امتداد AB و تكون عند حافة البحيرة.
- ثم تعين نقطة D على امتداد BA و تكون عند حافة البحيرة من جهة نقطة B، تؤخذ اي نقطة خارج البحيرة على يمينها او يسارها مثل نقطة M.
- نصل CM و نمده على استقامته الى نقطة مثل F، ثم يوصل DM و يمد على استقامته الى نقطة مثل E بحيث يكون ME=DM،MF=CM .
- فيكون لدينا مثلثان متطابقان FEM, MDC فيكون طول CD=FE ، و بقياس FE نحصل على CD فتكون AB=AC+CD+DB، حيث ان AC,BD يمكن قياسهما.



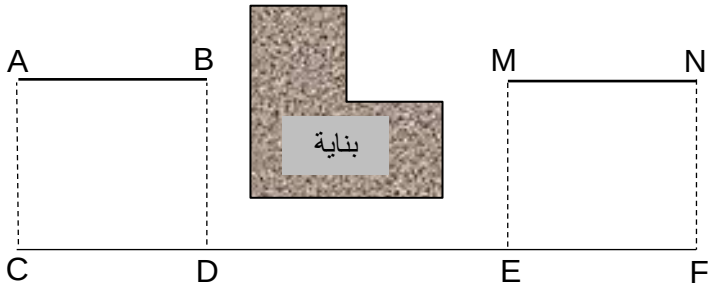
ثالثاً: العقبات التي تعوق عملية التوجية و القياس معاً

عقبات هذا النوع تكون عبارة عن مباني او اشجار ... الخ، حيث لا يمكن مشاهدة او قياس المسافة الممتدة من خلالها.

مثال: المطلوب مد الخط AB على استقامته من احد جهتيه مع وجود عائق (عمارة مثلا)، كما في الشكل.

الحل:

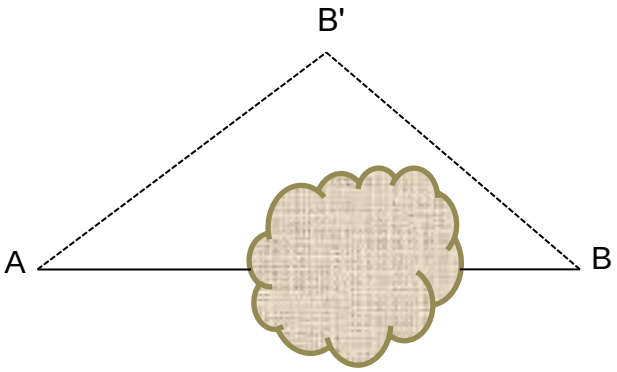
- تقام من نقاط A,B اعمدة على الخط AB و تكون مثلا AC, BD. بحيث يكونان متساويان في الطول الى نهاية البناية.
- ثم يمد الخط CD على استقامته و تعين عليه النقطتين E,F . ثم من هذه النقطتين تقام الاعمدة على CF، فتكون EM, FN بحيث يكونان متساويان في الطول مع AC, BD.
- يمد الخط MN على استقامته فيكون هو الخط المطلوب (امتداد AB).



مثال: المطلوب قياس المسافة AB و التي يعترضها كومة رمل او حصى او اي مرتفع.

الحل:

- من نقطة A يعين الخط AB′ بحيث يكون قريب من الاتجاه AB.
- من نقطة B يسقط عمود على AB′ عند النقطة B′ و يكون هذا العمود هو BB′.
- تقاس المسافة AB′ و المسافة BB′ . ثم نطبق نظرية فيثاغورس لحساب المسافة AB.

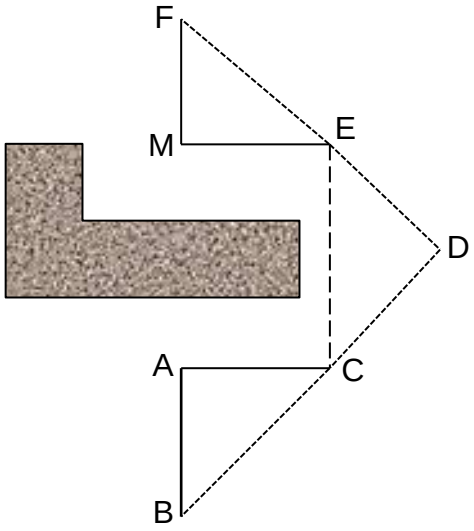


$$AB = \sqrt{AB'^2 + BB'^2}$$

مثال: المطلوب هو مد الخط AB على استقامته اذا اعترضته بناية.

الحل:

- يقام العمود AC من نقطة A على الخط AB ثم نعين المسافة AC بحيث تساوي المسافة AB
- يمد المستقيم BC الى نقطة D، يقام عمود من نقطة D على المستقيم DB.
- تقاس المسافة DC و تؤخذ على العمود المسافة نفسها بحيث يكون DE=DC و كذلك BC=EF.
- بواسطة المنقال تعين نقطة M من تقاطع القوسين اللذين يكون مركزهما في كل من E,F و بنصف قطر AC, و بذلك تكون النقطتين F,M على استقامة AB و تكون المسافة CE=AM.



آلة التسوية Level

هو من الاجهزة الهندسية المستخدمة في قياس البعد الرأسي بين النقاط المختلفة على سطح الأرض، أو هو من الأجهزة الهندسية المستخدمة في ايجاد ارتفاعات و انخفاضات نقاط مختلفة على سطح الأرض عن مستوى المقارنة. وجميع الموازين مبنية على فكرة انه إذا ثبتنا ميزان تسوية على منظار , وضبطنا الفقاعة ، فإن محور خط النظر لهذا المنظار يصبح أفقيا ، ويحقق المنظار مستوى أفقيا بدورانه حول محوره الرأسي.

أنواع أجهزة التسوية

الأجهزة البصرية:

- جهاز نوع كوك Cook Level : و هو من الأجهزة القديمة و غير مستخدمة حالياً، و الذي يكون منظاره مركب على طوقين أو حلقتين بحيث يمكن فك المنظار و عكس أتجاهه ثم تركيبه على قاعدته مره أخرى.
- جهاز نوع دامبي Dumpy Level : و هو من الانواع الشائعة الاستعمال ، ويعتمد تصميمها على أن منظار الميزان غير قابل للعكس كما يمتاز بأن اسطوانة المنظار تتصل معدنيا بالمحور الرأسى وعمودية عليه وهذا يجعلها لا تتاثر بكثرة استعمال الجهاز.

جهاز التسوية الأوتوماتيكي Automatic Level :

و هو من الاجهزة الدقيقة و البسيطة الاستخدام و يحتوي فقط على فقاعة دائرية يتم موازنتها و جعلها في وسط انبوبتها من خلال البراغي الثلاثة الموجوده في قاعدة الجهاز.

الأجهزة الألكترونية أو الرقمية:

تمثل هذه الاجهزة النوع المتطور من اجهزة التسوية و التي تتميز بأمكانية تسجيل القراءات في ذاكرة الجهاز و أيضاً وجود لوحة مفاتيح على الجهاز لتسجيل أية بيانات متعلقة بالمشروع. بعض الاجهزة الالكترونية تستخدم مسطرة قياس من نوع خاص bar- code staff و هي ليست مدرجة بالارقام، بحيث أن الجهاز يحدد تقاطع المستوي الافقي مع هذه المسطرة بصورة الكترونية و منها يحس قيمة فرق الارتفاع.

أجهزة التسوية الليزرية:

يعمل الجهاز على إرسال شعاع ليزر يستقبل على مسطرة خاصة تابعة للجهاز و بالتالي يقوم جهاز مستقبل الليزر بتحديد قراءة تدريج هذه النقطة الكترونياً، و يتم تسجيل القياسات أليا داخل ذاكرة الجهاز.

تصنف أجهزة التسوية من حيث الدقة إلى ثلاثة أصناف:

أجهزة دقيقة : وفيها تكون فقاعة التسوية حساسة جدا كما تكون قوة التكبير عالية ويستخدم هذا النوع في أعمال المسح الجيوديسي والأعمال التي تتطلب دقة عالية.

أجهزة متوسطة الدقة : وهي أقل دقة من الصنف الأول ويغلب إستخدام هذا النوع في معظم المشاريع الهندسية.

أجهزة منخفضة الدقة : ويصنع هذا النوع من الأجهزة خصيصا لأغراض التسوية التقريبية كما هو الحال في مشاريع الأبنية المحدودة ولحالات التسوية على مسافات قريبة.

أجزاء جهاز التسوية البصري:

يتكون الجهاز من ثلاثة اجزاء رئيسية:

المنظار المساحي (Telescope) : هو ذلك الجزء من الجهاز المستعمل في الرصد، و وضيفته مساعدة العين على رؤية صوره واضحة لهدف بعيد عنها، و كذلك تحديد خط نظر معلوم. و يتكون من: (العدسة الشيئية objective lens / العدسة العينية eyepiece / مسمار توضيح الرؤيه focusing knob / علامة التوجيه الخارجى optical or peep sight / حامل الشعرات)

مرأة تعكس الميزان الدائري (الفقاعة) Reflector

الميزان الدائري (الفقاعة) circular level

مساميرالضبط والمعايرة adjusting screw

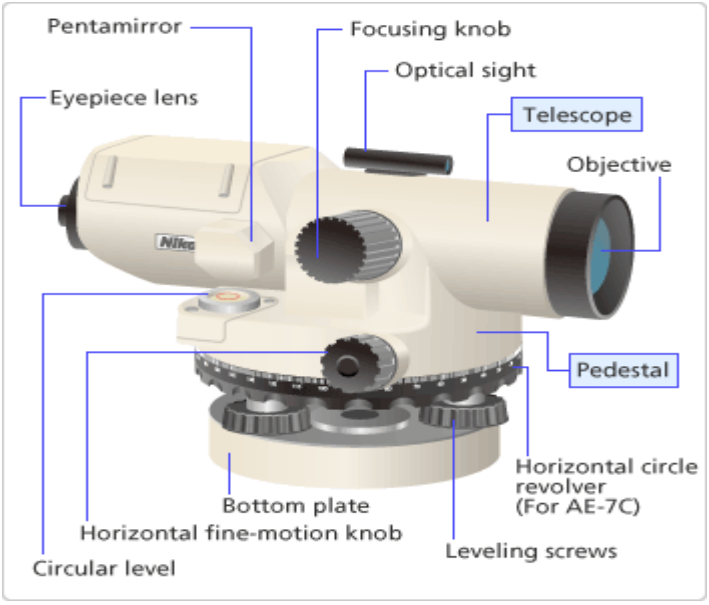
مسامير ضبط الافقية foot screw leveling

قاعدة التثبيت الاساسية bottom or base plate

مسامير الحركة الافقية البطيئة Horizontal fine motion screw

الدائرة الافقية circle positioning ring horizontal

نافذة عرض الزوايا الافقية circle window horizontal



الحامل الثلاثي Tripod

-هو حامل معدنى او حشبى ذو ثلاثة ارجل مزودة بثلاثة مسامير لاطالة الجهاز حسب طول المستخدم ومتطلبات العمل.

مسطرة القياس Staff

وهى مسطرة مدرجة و مقسمة الى أمتار، وكل متر مقسم الى 10 ديسمترات و كل ديسيمتر مقسم الى عشرة سنتيمترات حيث المربع الاسود 1 سم والابيض 1 سم ونقوم نحن بتقسيم هذا السنتمتر الى 10 مم بالعين وذلك حين تقطع الشعرة الوسطى المسطرة.

تصنع مساطر القياس أما من الخشب أو الالمنيوم، و توجد منها عدة أنواع:

- المسطرة المطوية التي تتكون من أكثر من قطعة متصله و يمكن طيهم و عند الاستعمال تفرد المسطرة في استقامة واحدة.
- المسطرة التلسكوبية أو المتداخلة حيث تتكون من ثلاثة أو أربعة أجزاء متداخلة تنزلق داخل بعضها و تتميز بصغر طولها عند عدم الاستخدام.
- المسطرة المنزلقة و تتكون من جزئين منفصلين أحدهما ينزلق وراء الأخر في مجرى صغير.
- المسطرة ذات القطعة الواحده و التي غالباً لا يتجاوز طولها المترين حتى يسهل حملها.

تشمل أدوات التسوية المساعده ايضاً:

- ميزان تسوية صغير يتم تثبيته خلف او بجانب المسطرة لضمان عموديتها.
- قاعدة حديدية توضع تحت المسطرة عند الرصد في الاراضي الترابية أو الرخوة.

خطوات ضبط و تثبيت أجهزة التسوية :

عملية الضبط المؤقت للجهاز: وهي عملية إعداد الجهاز للرصد ويتم ذلك عند كل نقطه يوضع عليها الجهاز لأخذ القراءات وذلك بأن تفرد أرجل الحامل الثلاثة بارتفاع مناسب وتغرس في الأرض جيدا ويراعى أن تكون المسافات بين الأرجل الثلاثة متساوية تقريبا وأن تكون قاعدة الحامل في مستوى أفقي تقريبا ومن ثم يركب عليه جهاز الميزان ويربط به بواسطة المسمار الموجود أسفل قاعدة الحامل.

يتم ضبط فقاعة ميزان التسوية الدائري عن طريق مسامير التسوية الثلاثة وذلك بوضع الجهاز موازي لمسمارين ومن ثم يحركان مع بعضهما إما للداخل أو للخارج حتى تقترب من المنتصف ثم يدور الجهاز 90 درجة ويحرك المسمار الثالث حتى تقترب الفقاعة من المنتصف ، تكرر هذه العملية حتى تصبح الفقاعة في المنتصف.

تعاريف:

1- مستوى (خط) المقارنة Datum line :هو المستوى (الخط) الذي تنسب له مناسيب النقاط الموجودة على سطح الأرض. وهو متوسط منسوب سطح البحر

2- المنسوب الصافي (المختزل) لنقطة Reduced level :هو ارتفاع النقطة عن مستوى المقارنة.

3- ارتفاع الجهاز Height of Instrument: يمثل ارتفاع الجهاز في اي نقطة بعد ضبطه.

4- القراءة الخلفية Back sight :هي أول قراءة تؤخذ بعد وضع الجهاز في أي موضع بحيث نرى اكبر عدد ممكن من النقاط المطلوب إيجاد منسوبها.

5- القراءة الأمامية Fore sight :هي آخر قراءة تؤخذ قبل عملية نقل الجهاز.

6- القراءة المتوسطة Intermediate sight : هي كل قراءة لمسطرة التسوية تؤخذ بين مؤخره B.S و مقدمه F.S تليها مباشرة، و في بعض الاحيان قد لا يكون هنالك متوسطات.

7- نقطة الدوران Turning point :هي النقطة التي ينقل بعدها الجهاز ويؤخذ عليها قراءتان قبل وبعد نقل الجهاز B.S & F.S.

8- راقم التسوية Bench Mark: هو نقطة الدلالة الثابته المعلومة الارتفاع.

التسـوية Leveling

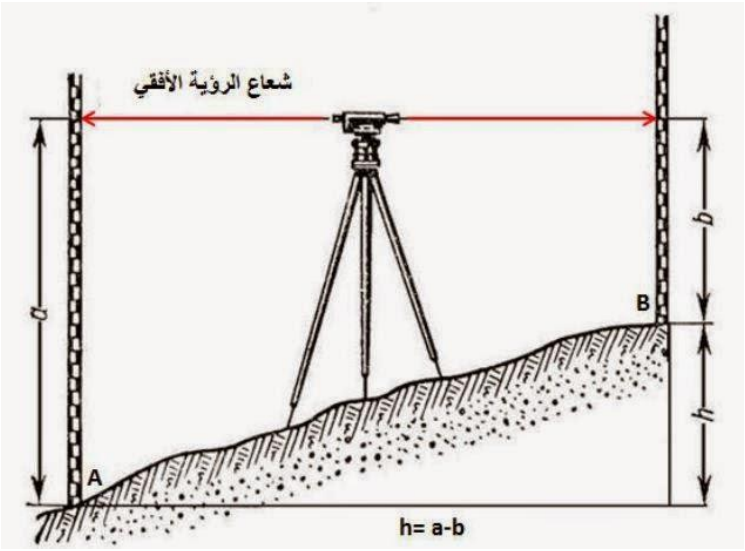
تعرف عملية التسوية بأنها كافة أعمال المساحة الحقلية و الحسابية التي يتم بموجبها تعيين فروق الأرتفاع بين النقاط على السطح الطبوغرافي و كذلك تعيين أرتفاع تلك النقاط (المناسيب) عن مستوى معين يسمى سطح الأسناد، و تتم العملية بأستخدام طرق التسوية و أجهزتها الخاصة لهذا الغرض.

أستخدام عملية التسوية:

1- إنشاء الخرائط الكنتورية
2- إنشاء الطرق و الجسور و المباني
3- تسوية و حصر الأراضي
4- شق و تطهير الترع و المصارف
5- ردم المستنقعات و حساب كميات الحفر و الردم
6- تقدير كميات الخامات المعدنية و غير المعدنية الظاهرة على سطح الأرض
7- قياس ارتفاع أو انخفاض مناسيب النقاط الموجودة على سطح الأرض بالنسبة لسطح معين.

الفرق بين منسوبي نقطتين على سطح الأرض Difference of level of two points

من أبسط العمليات التي يمكن أجراؤها بواسطة جهاز التسوية هو أيجاد الفرق بين منسوبي نقطتين على سطح الأرض. فلو فرضنا النقطتان هما A , B و وضع جهاز التسوية في منتصف المسافة بينهما و تم ضبطه بحيث يصبح جاهزاً لأخذ القراءات على المسطرة، و وضعت مسطرة التسوية في وضع عمودي على النقطتين، نوجه الجهاز الى نقطة A و نأخذ قراءة على المسطرة و لتكن 2.750، بعدها نوجه الجهاز الى نقطة B و نأخذ قراءة على المسطرة و لتكن 1.420، يكون الفرق بين منسوبي النقطتين A,B هو 2.750 = $\Delta E_{A,B}$) (**1.330** = 1.420 – .



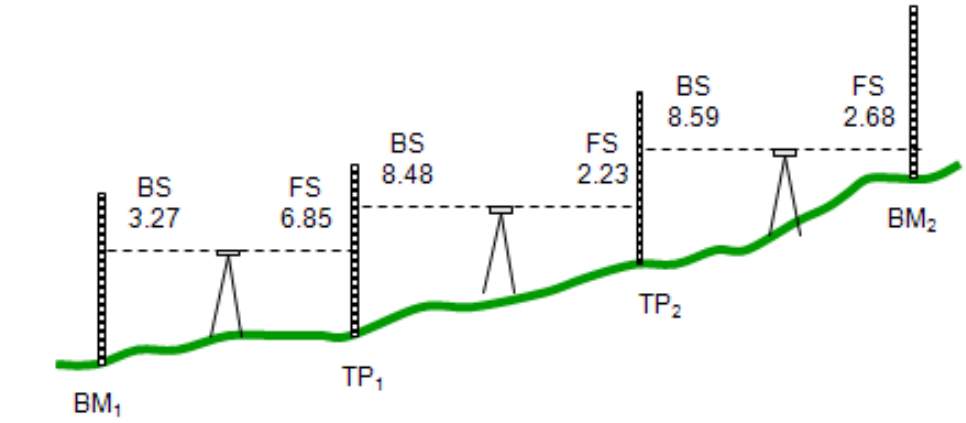
حساب المناسيب

عند حساب الفرق بين منسوبي النقطتين A, B فتبعاً لما تقدم يكون هذا الفرق مساوياً الى الفرق بين قراءتي المسطرة عند النقطتين . أما اذا طلب حساب منسوب أحدى النقطتين بمعلومية منسوب النقطة الأخرى و قراءتي المسطرة عند النقطتين على التعاقب، يمكن حساب ذلك بأحدى الطريقتين:

الطريقة الأولى: طريقة الأرتفاع و الأنخفاظ Rise and Fall Method

لو فرضنا أن قراءة المسطرة عند A هي 2.750 و قراءة المسطرة عند B هي 1.420 فبمقارنة هاتين القراءتين أحدهما مع الأخرى نلاحظ بأن القراءة الصغرى على المسطرة تكون عند أعلى نقطة، و العكس بالعكس، نجد أن نقطة A أوطئ من نقطة B بمقدار (**1.330** = 1.420 – 2.750 = ΔE)، و بمعنى آخر أن نقطة B أعلى من نقطة A بنفس المقدار، و هو الفرق بين منسوبيهما.

فأذا علم أن منسوب نقطة A هو 10 متر مثلاً عن مستوى المقارنة، فأن منسوب النقطة B يكون 10 = E_B) (11.330 = 1.330 + فوق مستوى المقارنة. اما اذا علم منسوب نقطة B و ليكن 10 متر مثلاً عن مستوى المقارنة فأن منسوب نقطة A يكون (8.670 = 1.330 – 10 = E_A) .



مثال: أحسب منسوب النقاط المبينة في الجدول التالي اذا علمت أن منسوب نقطة 1 هو 86.452 متر.

point	Back sight B.S.	Intermediate Sight I.S.	Fore Sight F.S.	Rise (+)	Fall (-)	Elevation of point E.	Remarks
1	**1.034**					**86.452**	**B.M**
2		1.961			0.927	85.525	
3		0.672		1.289		86.814	
4	2.741		0.488	0.184		**86.998**	**T.P1**
5		2.571		0.170		87.168	
6		1.991		0.580		87.748	
7	0.512		1.632	0.359		**88.107**	**T.P2**
8		1.773			1.261	88.846	
9			2.167		0.394	86.452	
∑	4.287		4.287	2.582	2.582		

$\Delta E_{1,2} = B.S_1 - I.S_2 = 1.034 - 1.961 = -0.927$ ….. $E_2 = E_1 + \Delta E_{1,2} = 85.525$

$\Delta E_{2,3} = I.S_2 - I.S_3 = 1.961 - 0.672 = +1.289$ ….. $E_3 = E_2 + \Delta E_{2,3} = 86.814$

$\Delta E_{3,4} = I.S_3 - F.S_4 = 0.672 - 0.488 = +0.184$ ….. $E_4 = E_3 + \Delta E_{3,4} =$ **86.998**

$\Delta E_{4,5} = B.S_4 - I.S_5 = 2.741 - 2.571 = +0.170$ ….. $E_5 = E_4 + \Delta E_{4,5} = 87.168$

$\Delta E_{5,6} = I.S_5 - I.S_6 = 2.571 - 1.991 = +0.580$ ….. $E_6 = E_5 + \Delta E_{5,6} = 87.748$

$\Delta E_{6,7} = I.S_6 - F.S_7 = 1.991 - 1.632 = +0.359$ ….. $E_7 = E_6 + \Delta E_{6,7} =$ **88.107**

$\Delta E_{7,8} = B.S_7 - I.S_8 = 0.512 - 1.773 = -1.261$ ….. $E_8 = E_7 + \Delta E_{7,8} = 88.846$

$\Delta E_{8,9} = B.S_8 - F.S_9 = 1.773 - 2.167 = -0.394$ ….. $E_9 = E_8 + \Delta E_{8,9} = 86.452$

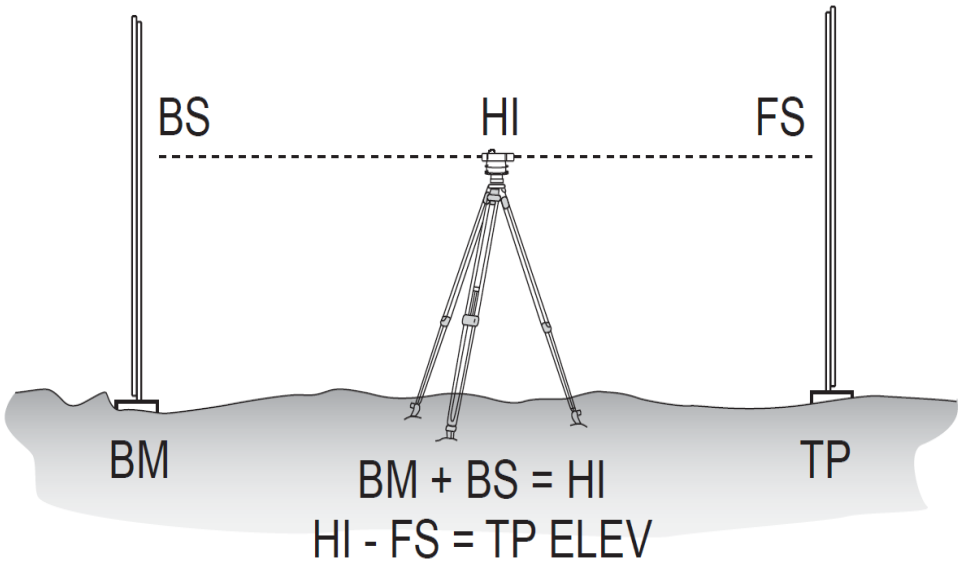
التحقيق الحسابي

$\sum B.S - \sum F.S = \sum Rise - \sum Fall =$ Elevation of last point – Elevation of first point

(4.287 – 4.287) = (2.582 – 2.582) = (86.452 – 86.452)

الطريقة الثانية : طريقة أرتفاع الجهاز Height of Instrument Method

اذا كان لدينا النقطتان A, B و المطلوب ايجاد الفرق بين منسوبيهما، في هذه الحالة نضع الجهاز في منتصف المسافة بين النقطتين ثم نأخذ قراءة المسطرة عند نقطة A و لتكن مثلاً 2.650، و نأخذ قراءة المسطرة عند نقطة B و لتكن مثلاً 2.850، و بما ان خط النظر افقي في الحالتين و ان الجهاز لم يتغير ارتفاعه عن سطح الأرض لذلك فأن منسوب خط النظر في الحالتين يكون متساوياً. فلو كان منسوب نقطة A هو 34 متر. في هذه الحالة يكون ارتفاع الجهاز = 34 + 2.650 = 36.650 متر. و يكون منسوب نقطة B = أرتفاع الجهاز – قراءة المسطرة عند نقطة B .



مثال:

أحسب منسوب النقاط المبينة في الجدول التالي اذا علمت أن منسوب نقطة 1 هو 86.452 متر.

point	Back sight B.S.	Intermediate Sight I.S.	Fore Sight F.S.	Height of Instrument H.I	Elevation of point E.	Remarks
1	**1.034**			**87.486**	**86.452**	**B.M**
2		1.961			85.525	
3		0.672			86.814	
4	2.741		0.488	**89.739**	86.998	**T.P1**
5		2.571			87.168	
6		1.991			87.748	
7	0.512		1.632	**88.619**	88.107	**T.P2**
8		1.773			88.846	
9			2.167		86.452	
∑	4.287		4.287			

$H.I_1$ = $E_1 + B.S_1 = 86.452 + 1.034 =$ **87.486**

$E_2 = H.I_1 - I.S_2 = 87.486 - 1.961 = 85.525$

$E_3 = H.I_1 - I.S_3 = 87.486 - 0.672 = 86.814$

$E_4 = H.I_1 - F.S_4 = 87.486 - 0.488 = 86.998$

$H.I_2$ = $E_4 + B.S_4 = 86.998 + 2.741 =$ **89.739**

$E_5 = H.I_2 - I.S_5 = 89.739 - 2.571 = 87.168$

$E_6 = H.I_2 - I.S_6 = 89.739 - 1.991 = 87.748$

$E_7 = H.I_2 - F.S_7 = 89.739 - 1.632 = 88.107$

$H.I_3$ = $E_7 + B.S_7 = 88.107 + 0.512 =$ **88.619**

$E_8 = H.I_3 – I.S_8 = 88.619 – 1.773 = 88.846$

$E_9 = H.I_3 – F.S_9 = 88.619 – 2.167 = 86.452$

التحقيق الحسابي

$\sum B.S - \sum F.S$ = Elevation of last point – Elevation of first point

(4.287 – 4.287) = (86.452 – 86.452)

واجب/ احسب مناسيب النقاط المبينة في الجدول التالي بأستخدام طريقة الارتفاع و الانخفاض و طريقة ارتفاع الجهاز مع اجراء عملية التدقيق الحسابي.

point	Back sight B.S.	Intermediate Sight I.S.	Fore Sight F.S.	Height of Instrument H.I	Elevation of point E.	Remarks
A	1.800				100.00	Benchmark
B		2.600				
C	3.000		3.200			
D		2.500				
E		1.800				
F			0.900			
∑						

واجب / أجريت أعمال تسوية لطريق يربط بين مدينتين، فكانت القراءات: **1.406**، 2.900، 2.154، 3.108، **1.004**، 0.902، 1.810. فأذا كانت القراءة الاولى و الخامسة هي مؤخرات (B.S)، و منسوب النقطة الاولى يساوي (60.015)، أوجد مناسيب النقاط بطريقة ارتفاع الجهاز و طريقة الارتفاع و الانخفاض. ثم تحقق من الحسابات.

التسوية العكسية او المتبادلة Reciprocal Leveling

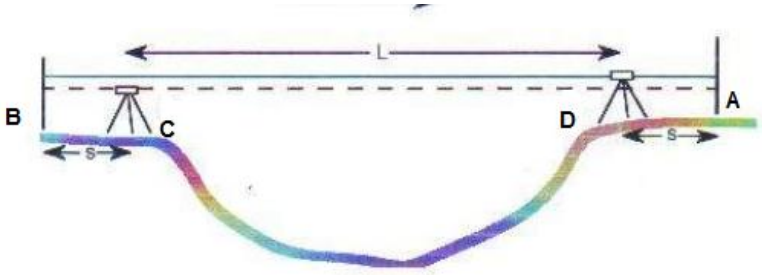
يحدث احيانا القيام بنقل ارتفاع نقطة الى نقطة اخرى عبر نهر او وادي عميق او منخفض، و لا يمكن النزول منه، و لا يمكن وضع الجهاز في منتصف المسافة بينهما، فيكون قريبا جدا من احداهما و بعيدا بمسافة كبيرة عن الاخرى. و في هذه الحالة يمكن تفادي الاخطاء الآليه مثل عدم توازي خط النظر مع محور فقاعة التسوية و كذلك الاخطاء الناتجة من كروية الارض و انكسار الاشعة بالتسوية المتبادلة او العكسية، و يوجد عدة طرق في هذا المجال منها:

الطريقة الاولى:

استعمال جهاز تسوية واحد لايجاد فرق المنسوب بين النقطتين A, B . و اللتان تقعان على جانبي نهر .

- يوضع الجهاز في نقطة مثل D قريبة من نقطة A، و تقرأ مسطرة التسوية الموجوده على كل من A & B و لتكن القراءتان A1 , B1 كما في الشكل
- ينقل الجهاز الى الجهة الاخرى من النهر، و ينصب في نقطة C القريبة من نقطة B، و تقرأ مسطرة التسوية الموجوده على كل من A, B، و لتكن القراءتان A2 ,B2 ، و يلاحظ بان تكون المسافتين AD , BC متساويتين و كل منهما صغيرة قدر الامكان.
- يحسب الفرق بين القراءتين في كل حالة و يؤخذ متوسط الفرق في الحالتين، فيحصل على الفرق الحقيقي بين منسوبي A , B لان الاخطاء تلاشي بعضها.

$$\Delta E_{A,B} = \frac{(A1-B1)+(A2-B2)}{2}$$



ملاحظة:

يجب اخذ عدة قراءات على النقطة البعيدة في فترات مختلفة ثم اخذ المتوسط، و لاجل السهولة من الواجب استعمال مسطرتين توضعان على A, B و ان المسافة بين النقطتين يجب ان لا تزيد عن 250 متر.

مثال: اخذت القراءات التالية على النقطتين A, B الواقعتين على شاطئ نهر، فكانت كما يلي:

Instrument at C : Staff reading at A_1= 1.74 m
Staff reading at B_1= 2.49 m

Instrument at D : Staff reading at A_2= 2.53 m
Staff reading at B_2= 3.24 m

فاذا كان منسوب نقطة A هو 18.10 متر، فما هو منسوب نقطة B ؟

الحل:

$$\Delta E_{A,B} = \frac{(A1-B1)+(A2-B2)}{2} = \frac{(1.74-2.49)+(2.53-3.24)}{2} = -0.73$$

$$E_B = E_A + \Delta E_{A,B} = 18.10 + (-0.73) = 17.37 \text{ m}$$

الطريقة الثانية:

استعمال جهازي تسوية لايجاد فرق المنسوب بين النقطتين A, B . و اللتان تقعان على جانبي نهر .

- يوضع جهاز في كل من C, D ثم تؤخذ القراءات في الوضعين في ان واحد، و لتكن القراءات من الجهاز الاول A1 , B1 . و القراءات من الجهاز الثاني A2 , B2 .
- يحسب الفرق بين القراءتين في كل حالة و يؤخذ متوسط الفرق في الحالتين، فيحصل على الفرق الحقيقي بين منسوبي A , B لان الاخطاء تلاشي بعضها.

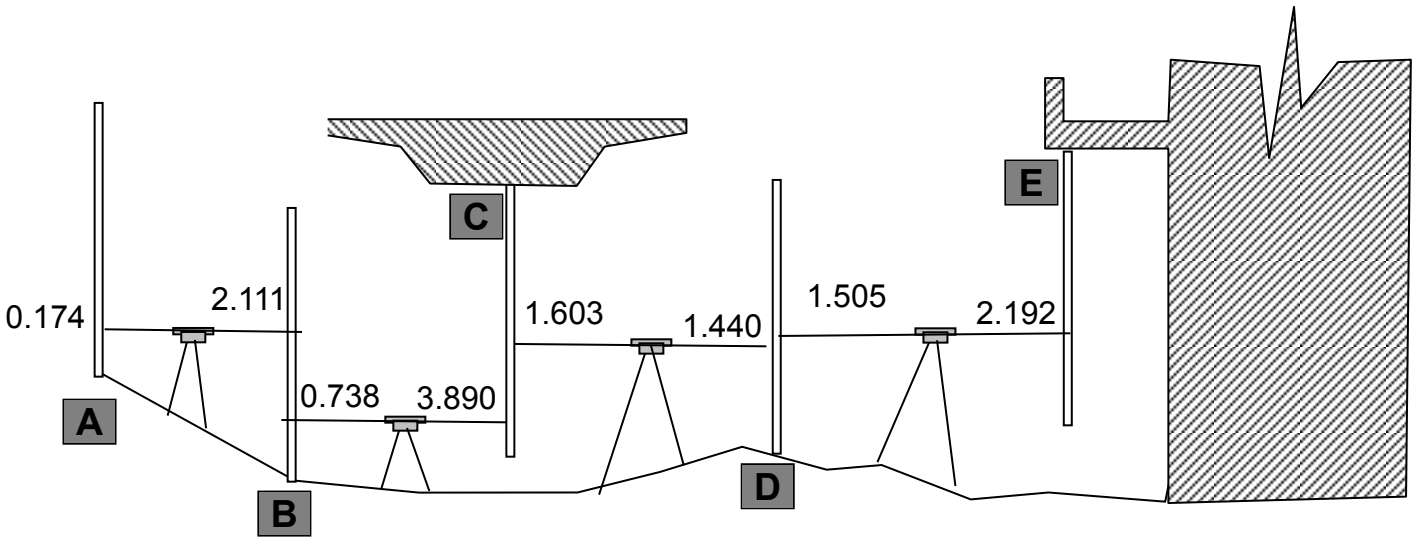
$$\Delta E_{A,B} = \frac{(A1-B1)+(A2-B2)}{2}$$

ملاحظة:

من مميزات هذه الطريقة هي الرصد في وقت واحد من الجهازين، بحيث يضيع تأثير الانكسار لانه سيكون واحدا في الحالتين و لا يكون هنالك تغير في الظروف الجوية. كما شرط ان يلاحظ كون الجهازين صحيحين و ليس باحدهما خطأ في خط النظر، حيث ان اخذ الوسط لا يضيع الخطأ كما في الحالة الاولى.

التسوية المقلوبة Soffit level (القراءة المقلوبة لمسطرة التسوية Inverted Staff Reading)

و هي عملية التسوية التي تستخدم لإيجاد منسوب نقطة اعلى من منسوب سطح الجهاز. فمثلا عندما يراد ايجاد منسوب نقطة على (جسر، سقف ، كهف) توضع مسطرة التسوية مقلوبة و صفرها في الاعلى و تدون القراءة فى الجدول بالسالب .



مثال: احسب منسوب النقاط المبينة في الشكل اعلاه . مع اجراء التحقيق الحسابي.

point	Back sight B.S.	Intermediate Sight I.S.	Fore Sight F.S.	Rise (+)	Fall (-)	Elevation of point E.	Remarks
A	0.174					**33.550**	
B	0.738		2.111		1.937	31.613	TP1
C	-1.603		-3.890	4.628		36.241	
D	1.505		1.440		3.043	33.198	
E			-2.192	3.697		36.895	
∑	0.814		-2.531	8.325	4.980	ΔE= 3.345	

مصادر الاخطاء و الاغلاط في اعمال التسوية

لغرض الحصول على نتائج دقيقة و التي لا تتعارض مع السرعة المناسبة لانجاز العمل، من الواجب الالمام بالاخطاء كافة و التي تسبب عدم ضبط النتائج، و هي كثيرة و يمكن تلافيها و الابتعاد عنها، و اخذ كافة الاحتياطات اللازمة لعدم الوقوع بها.

اولا : الاخطاء الآليه

آلة التسوية: لتجنب الاخطاء فيها يجب

- التاكد من ضبط الجهاز قبل استعماله ليكون الانطباق افقيا عندما نثبت الفقاعة في منتصف مجراها اثناء تدوير الجهاز حول محوره الرأسي. و الخطأ الناتج من عدم ضبط الجهاز افقيا يتناسب مع طول المسافة بين الجهاز و مسطرة التسوية، و يمكن التخلص منه تماما بوضع الجهاز في منتصف المسافة بين نقاط المقدمات و المؤخرات لانها نقاط مهمه و يؤثر اي خطأ فيها او في مناسيبها في مناسيب النقاط التالية.
- ان يركب الجهاز جيدا على الركيزة و تربط كافة الاجزاء بصورة جيدة حتى يمنع اهتزازه اثناء العمل.

مسطرة التسوية: لتجنب الاخطاء فيها يجب

- التدريب على طريقة تدريج المسطرة قبل استعمالها.
- التاكد من صحة طول المسطرة و اقسامها، و ذلك بقياسها بشريط فولاذي.
- استعمال مسطرة التسوية برفق حتى لا تتآكل اجزائها التي ترتكز على الارض، و ازالة كل ما يتعلق بها من الاتربة و الاوحال.

ثانيا : الاخطاء الشخصية

هى اخطاء قد يقع فيها الراصد دون قصد من (استعمال الجهاز – مسطرة التسوية – رصد القراءت – تدوينها) ولتجنب هذه الاخطاء يراعى ما يلي:

- أستعمال جهاز التسوية:

- تثبيت الركيزة جيدا فى الارض بكعب حديدي فى نهاية الارجل ، خصوصا فى الاراضى الغير متماسكة او الرخوة.
- ضبط افقية فقاعة التسوية ومراجعتها باستمرار لضمان توسط الفقاعة فى منتصف مجراها قبل وبعد الرصد.
- ملاحظة تحريك المنظار بخفه و تجنب الضغط عليه او الامساك بالركيزة او الاستناد عليها حتى لا يميل الجهاز فتبعد الفقاعة.

- تجنب جعل منضار الجهاز مواجها للشمس وخاصةً اذا كان التعرض من جانب واحد حيث يقلل من حساسية الفقاعة، لذلك نستعين بمظلة او بسحب غلاف للعدسة الشيئية لحمايتها من الاشعة المباشرة.
- يجب أن لا تزيد المسافة بين الجهاز و مسطرة التسوية عن 100 متر ليمكن قراءة المسطرة بكل وضوح و دقة .

➢ استعمال مسطرة التسوية:

- يجب التعرف على طريقة تدريج المسطرة و التحقق من صحة طولها و اقسامها.
- العناية اثناء فرد المسطرة المنزلقة او التلسكوبية لضمان اتصال الاقسام .
- ملاحظة وضع صفر تدريج المسطرة على الارض.
- ملاحظة وضع المسطرة راسية تماما اما بـ (خيط شاغول – ميزان تسوية متصل او مستقل – التحرك الى الامام او الخلف ببطىء).
- الابتعاد عن وضع المسطرة فى ارض رخوة و خاصة نقاط الدوران ووضع قاعدة حديدة.

➢ اخطاء القراءة:

- الخطا فى تقدير كسور السنتيمترات او المليميترات خاصة فى الميزانية الدقيقة.
- الخطا فى القراءة على الشعرة العليا او السفلى بدلا من الشعرة الوسطى.
- الخطا في اهمال قراءة الامتار الصحيحة على المسطرة.
- اخطاء تدوين القراءات في الدفتر الحقلي و خاصة تسجيل قراءة في غير محلها.

ثالثا : الاخطاء الطبيعية

الحرارة :

ارتفاع درجة حرارة الارض يؤدي لحدوث تيارات هوائية ساخنة صاعدة مما يجعل المسطرة تبدو وكانها تهتز في الجزء القريب من سطح الارض حيث تصعب القراءة ويمكن تجنبها باخذ القراءة فى الصباح الباكر او اخذها في الجزء الاعلى من المسطرة بعيدا عن جزئها السفلي وذلك بوضع الجهاز فوق مواضع مرتفعة.

الرياح :

هبوب الرياح يؤدى لأهتزاز الجهاز و عدم ثبات المسطرة ويمكن تجنبها بالرصد في وقت اخر او وقاية الجهاز منها، و اخذ القراءة على الجزء السفلي للمسطرة حيث يصعب بقاء الجزء العلوي ثابتا فى وضعه العمودي.

إنكسار الاشعة :

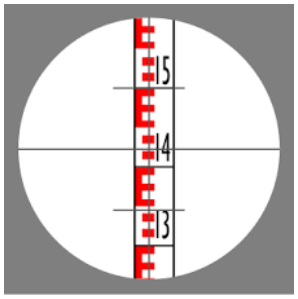
تتعرض الاشعة للانكسار عند مرورها فى اوساط جوية مختلفة الكثافة و يكون خط الانطباق غير مستقيم لانحنائه الى اسفل نحو الارض.

فى المسافة الصغيرة : يكون الخطا صغير جدا و نتفاداه بوضع الميزان فى المنتصف بين المؤخرة و المقدمة.

فى المسافة الكبيـرة : يكون الخطا تراكمـيـا ونتفاداه بالميزانية المتبادلة او العكسية.

شعيرات الستيديا Stadia

تحتوي شبكية جهاز التسوية على ثلاث شعيرات افقية، الشعيرة الوسطى تستخدم لتثبيت خط التسديد و منه يتم حساب المناسيب للنقاط و فروق الارتفاع فيما بينها، اما الشعيرتين الاخرتين فهما يبعدان عن الشعيرة الوسطى ببعدين متساويين، احدهما العليا و الثانية السفلى، و تستخدم لتدقيق القراءة عند الشعيرة الوسطى و كذلك تستخدم لحساب المسافة من الجهاز الى مسطرة التسوية.



Upper Reading (U) : تمثل قراءة مسطرة التسوية عند الشعيرة العليا.

Middle Reading (M) : تمثل قراءة مسطرة التسوية عند الشعيرة الوسطى.

Lower Reading (L) : تمثل قراءة مسطرة التسوية عند الشعيرة السفلى.

ملاحظة:

- ✓ أفضل قراءة للتسديد هي معدل القراءات الثلاثة.
- ✓ المسافة بين الجهاز و مسطرة التسوية تحسب كما يلي $H = (U - L) * 100$

حيث: H : المافة الافقية بالامتار.

100: ثابت جهاز التسوبة .

موازنة الاخطاء في اعمال التسوية Balancing of Errors

قبل البدء في عملية حساب المناسيب المحسوبة من القياسات الحقلية الشاملة لاعمال التسوية، يتم حساب درجة الدقة لعملية حساب المناسيب و مقارنتها بمواصفات الدقة لاعمال التسوية، بحيث يتم قبول النتائج باعتبارها ضمن الدقة المطلوبة ثم تتم عملية التعديل. يتم حساب درجة الدقة على النحو التالي:

اولا: حساب خطأ الاغلاق ΔE في عملية التسوية

و يساوي الفرق بين القيمة الاسمية الثابتة لراقم التسوية و بين القيمة الحقلية المحسوبة له من خلال عملية التسوية، اذا كانت عملية التسوية تبدأ براقم تسوية و تنتهي عند نفس الراقم. حيث خطأ الاغلاق في هذه الحالة تحسب كما يلي $\Delta E = \text{Elev. } BM_{1\ (\text{theoretical})} - \text{Elev. } BM_{1\ (\text{measured})}$

اما اذا كانت عملية التسوية تبدأ براقم تسوية معين BM_1 ، و تنتهي براقم تسوية آخر BM_2 فأن خطأ الاغلاق ΔE يحسب كما يلي $\Delta E = E_2 - E_2'$

حيث:

E_2 : المنسوب الاسمي لراقم التسوية الثاني BM_2

E_2' : المنسوب الحقلي المحسوب لراقم التسوية الثاني BM_2

ثانيا: حساب ثابت الدقة (C)

يتم حساب ثابت الدقة لعملية التسوية من خلال خطأ الاغلاق ΔE و من خلال مجموع مسافات التسوية (مجموع المسافات بين نقاط التسوية)، و يحسب ثابت الدقة كما يلي

$$C = \frac{\Delta E}{\sqrt{K}}$$

حيث:

K : مجموع مسافات التسوية بوحدات الكيلومتر km.

C : ثابت الدقة بوحات المليمتر mm.

ΔE: خطأ الاغلاق بوحدات المليمتر mm.

ثالثا: مقارنة ثابت الدقة المحسوب مع ثابت الدقة المثبت في المواصفات.

مواصفات الدقة لاعمال التسوية

درجة الدقة	مقدارها
الدقة من الدرجة الاولى	$E = 4\ mm\ \sqrt{K}$
الدقة من الدرجة الثانية	$E = 8.4\ mm\ \sqrt{K}$
الدقة من الدرجة الثالثة	$E = 12\ mm\ \sqrt{K}$
الدقة من الدرجة الرابعة	$E = 120.3\ mm\ \sqrt{K}$

مثال: اجريت اعمال تسوية تفاضلية من راقم التسوية BM_1 مرورا بالنقاط TP_1, TP_2, TP_3, TP_4 . ثم العودة الى راقم التسوية BM_1 و كانت القياسات الحقلية الشاملة لمناسيب النقاط و المسافات فيما بينها كما في الجدول:

Station	Field Elevation (m)	Distance (m)
BM_1 TP_1	10.321	400.21
TP_2	11.521	304.50
TP_3	12.031	199.21
TP_4	11.008	241.53
BM_1		361.51

فاذا علمت ان المنسوب الاسمي النظري لراقم التسوية BM_1 يساوي 10.000 متر، و القيمة الحقلية له من خلال عملية التسوية يساوي 10.012 متر، المطلوب حساب درجة الدقة لعملية التسوية.

الحل:

- حساب مسافات التسوية ΣSi = K = 1506.96 **m** / 1000 = 1.50696 **km**
- حساب خطأ الاغلاق $\Delta E = Elev.\ BM_{1\ (theoretical)} - Elev.\ BM_{1\ (measured)}$
  $= 10.000 - 10.012 = 0.012$ **m**
- حساب ثابت الدقة $C = \frac{\Delta E}{\sqrt{K}} = \frac{12\ mm}{\sqrt{1.506.96}} = 9.775$ **mm**

اذن الدقة لعملية التسوية من الدرجة الثانية، لانه لو فحصت درجة الدقة الثانية لوجب ان تكون

$E = 8.4\sqrt{1.50696} = 10.31$ **mm**

أنواع التسوية

التسوية الطولية :

تجرى في الاتجاه و القطاع الطولي للمشروع لتعيين مناسيب النقاط (طرق، مجارى مائية، قيعان الاودية).

ميزانية بسيطة : من أول القطاع لآخره من موضع واحد للجهاز دون نقله.

ميزانية متسلسلة : إذا كان القطاع طويل يتم نقل الجهاز لأكثر من موضع.

الميزانية العرضية:

تجرى في الاتجاه و القطاع العرضي للمشروع لتعيين مناسيب النقاط (الترع ـ المصارف ـ الأنهار و الأودية) واغلب هذا النوع من الميزانية البسيطة وعن طريقها يتبين شكل جوانب الأودية و مدى اتساع قيعانها.

الميزانية الشبكية :

تجرى في الاتجاهات الطولية و العرضية معا لتحديد و إظهار شكل سطح المنطقة المرفوعة وعمل خريطة كنتورية لها , بمعلومية مناسيب النقاط المنتشرة على هذا السطح.

فحص و ضبط جهاز التسوية

بجانب الضبط المؤقت لجهاز التسوية فهنالك الضبط الدائم، و هو ما يجب اجراءه عند استلام الجهاز من المصنع اول مره. او اذا أسئ استعماله اثناء النقل، او عند استعمال الجهاز لفترات طويلة في الحقل دون صيانة. و لكي يكون الجهاز صالحا للاستعمال يجب ان تتوفر به شروط تعامد و توازي محاوره المختلفه.

لجهاز التسوية (Level) ثلاث محاور:

- محور خط النظر أو خط الانطباق: و هو الخط الناشئ من انطباق خط النظر في الجهاز مع محوره البصري، و يعرف خط النظر بأنه الخط الوهمي الواصل بين مركزي العدسة الشيئية و نقطة تقاطع الشعرات، اما المحور البصري فهو الخط الواصل بين مركزي العدسة الشيئية و العدسة العينية.
- محور فقاعة التسوية.
- المحور الرأسي لدوران الجهاز.

- تعامد محور فقاعة التسوية مع المحور الرأسي لدوران الجهاز.

الهدف هو رسم محور فقاعة تسوية مستوي افقيا مهما دار المنظار حول محوره الرأسي.

- نثبت الجهاز على الركيزة بشكل صحيح ونجعل فقاعة التسوية موازيه لأي مسمارين من مسامير التسوية ونضبط الفقاعة .
- ندير المنظار 180° حول المحور الرأسي، فاذا أستمرت الفقاعة فى منتصف مجراها كان التعامد صحيح.
- اما اذا انحرفت الفقاعة عن منتصف مجراها كان ذلك دليلا على ان التعامد غير صحيح، و لتصحيح الفقاعة نعمل التالي:
- (الرأسي) نصحح نصف الخطأ بتحريك المسمار اوالصامولة الخاصة بتثبيت ميزان التسوية. فيرتفع او ينخفض حتى تعود الفقاعة بمقدار نصف الخطأ الظاهري وبذلك يصبح المحوران متعامدان.
- (الأفقي) نصحح نصف الخطأ الثاني بتحريك مسامير التسوية العادية بالطرق المعتادة.

- تعامد خط النظر مع المحور الرأسي لدوران الجهاز:

خط الانطباق هو الخط الناشئ من انطباق خط النظر في الجهاز مع محوره البصري يكون خط الانطباق افقيا، وفي حالة عدم انطباق الخطان نتيجة لوقوع تقاطع الشعرات اعلى او اسفل محور المنظار و ينشأ على هذا الاختلاف الحصول على قراءات خاطئة على مسطرة التسوية ويتم الضبط على النحو التالي:

- نثبت وتدان ونضع جهاز الميزان في المنتصف بينهما
- بعد ضبط افقية الجهاز، نوجه المنظار إلى كلا المسطرتين فوق الوتدين.
- نأخذ القراءات ونحسب الفرق بينهم حيث الخطأ متساوي في الحالتين لتوسط جهاز التسوية بين الوتديين.
- ننقل الجهاز قريبا بقدر الامكان من احد الوتدين و نأخذ القراءة لكلا المسطرتين ونحسب الفرق بين القرائتين.

- اذا كان الفرق بين القرائتين فى الوضع الثاني = الفرق بين القرائتين فى الوضع الاول، كان خط النظر افقيا و متعامدا مع المحور الراسي لدوران للجهاز .
- اما اذا كان الفرق بين القرائتين مختلف، فهذا يدل على عدم افقية خط النظر و عدم تعامده مع المحور الراسي لدوران للجهاز.
- لتصحيح هذا الفرق يخفض او يرفع حامل الشعرات بمسامير العلوي و السفلي حتى يتساوى الفرق.
- ونظرا لقرب الجهاز للمسطرة الاولى عن الثانية، يمكن اعتبار هذه القراءة ثابتة ويكون الخطأ كله في القراءة الثانية .

مثال: وضع جهاز تسوية في منتصف المسافة AB , فكانت القراءة للوضع الاول عند A= 1.68 وعند B= 1.96 ثم رفع الميزان و وضع قريبا من B ، و كانت القراءة للوضع الثانى عند A= 1.31 وعند B = 1.74 متر . ما هى القراءة الصحيحة الواجب قراءتها عند النقطة A ؟

الحل:

الوضع الاول (الجهاز في المنتصف) $\Delta E_{A,B} = 1.68 - 1.96 = -0.28$

الوضع الثاني (الجهاز قرب نقطة B) $\Delta E_{A,B} = 1.31 - 1.74 = -0.43$

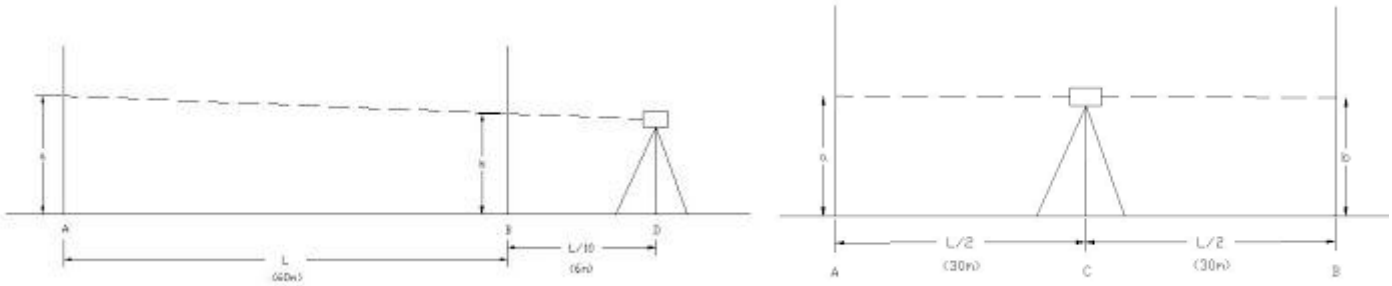
فرق الارتفاع غير متساوي في الوضعين، و هذا يدل على أن خط الانطباق غير صحيح. و لتصحيح خط الانطباق، نعتبر القراءة عند النقطة B صحيحة لقرب الجهاز منها.

$$\Delta E_{A,B\ (1st\ position)} = \text{Reading at } A_{(2nd\ position)} - \text{Reading at } B_{(2nd\ position)}$$

$$-0.28 = \text{Reading at } A_{(2nd\ position)} - 1.74$$

$$\text{Reading at } A_{(2nd\ position)} = 1.74 - 0.28 = 1.46$$

لذا يجب خفض حامل الشعرات من خلال اللوالب او البراغي الموجوده و المعده لهذا الغرض، حتى يتم التقاطع عند القراءة 1.46 م، وبذلك يكون الفرق بعد تصحيح خط الانطباق = 1.74 – 1.46 = 0.28 م



حساب المساحات

توجد عدة طرق لحساب مساحات الاراضي:

أولاً: القياسات الحقلية

1- تقسيم قطعة الارض الى مثلثات

تستخدم هذه الطريقة عندما تكون الارض منبسطة و خالية من العوارض، حيث تقسم قطعة الارض الى مثلثات يمكن قياس اطوالها و زواياها. تستخدم قوانين المثلثات لحساب مساحة قطعة الارض.

2- إقامة اعمدة على خط معلوم

يستخدم في هذه الحالة احد القوانين الاتية

- قانون شبه المنحرف Trapezoidal rule

يستخدم هذه القانون عندما تكون حدود القطعة على شكل خطوط مستقيمة متكسرة. لغرض حساب المساحة في هذه الحالة نستخدم القانون التالي:

$$A = d \left(\frac{h1+hn}{2} + h_2 + h_3 + \ldots\ldots + h_{n-1} \right)$$

n = عدد الاعمدة d = المسافة الافقية

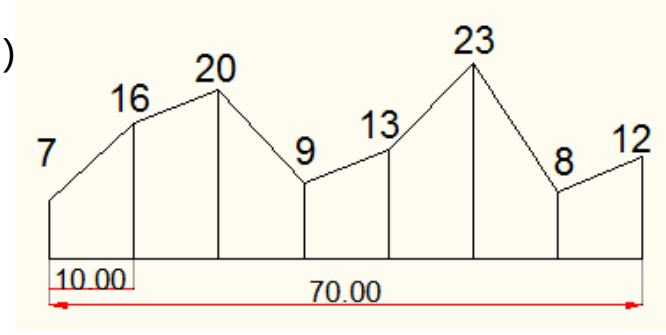
مثال: قيست مساحة قطعة محددة بخط تضليع و خطوط متعرجة باقامة اعمدة على خط التضليع تبعد عن بعضها البعض مسافة 10 متر، و قيست اطوال الاعمدة بواسطة الشريط فكانت كما مبين في الشكل، احسب مساحة القطعة الكلية.

الحل:

$$A = d \left(\frac{h1+h7}{2} + h_2 + h_3 + h_4 + h_5 + h_6 + h_7 \right)$$

$$A = 10 \left(\frac{7+12}{2} + 16+20+9+13+23+8 \right)$$

$$A = 985\ m^2$$

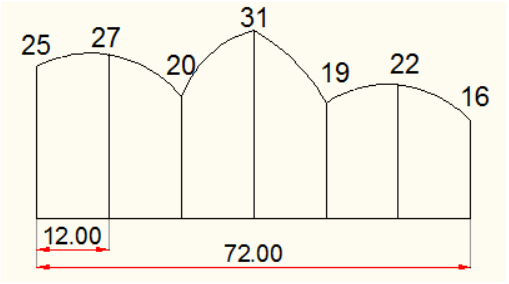


- قانون سمبسن Simpson's rule

يستخدم هذا القانون عندما تكون حدود القطعه غير منتظمة و على شكل اقواس او منحنيات، حيث تعطي نتائج ادق من قاعدة شبه المنحرف، و تطبق القاعده لعدد فردي من الاعمده عند حساب المساحة الكلية. لغرض حساب المساحة في هذه الحالة نستخدم القانون التالي:

$$A = \frac{d}{3} \{ h_1 + h_n + 4 (h_2+h_4+\ldots\ldots+h_{n-1}) + 2 (h_3+h_5+\ldots+h_{n-2}) \}$$

مثال: قيست مساحة قطعة محددة بخط تضليع و حدود متعرجة على شكل اقواس، باقامة اعمدة على خط التضليع تبعد عن بعضها البعض مسافة 12 متر، و قيست اطوال الاعمدة بواسطة الشريط فكانت كما مبين في الشكل، احسب مساحة القطعة الكلية.



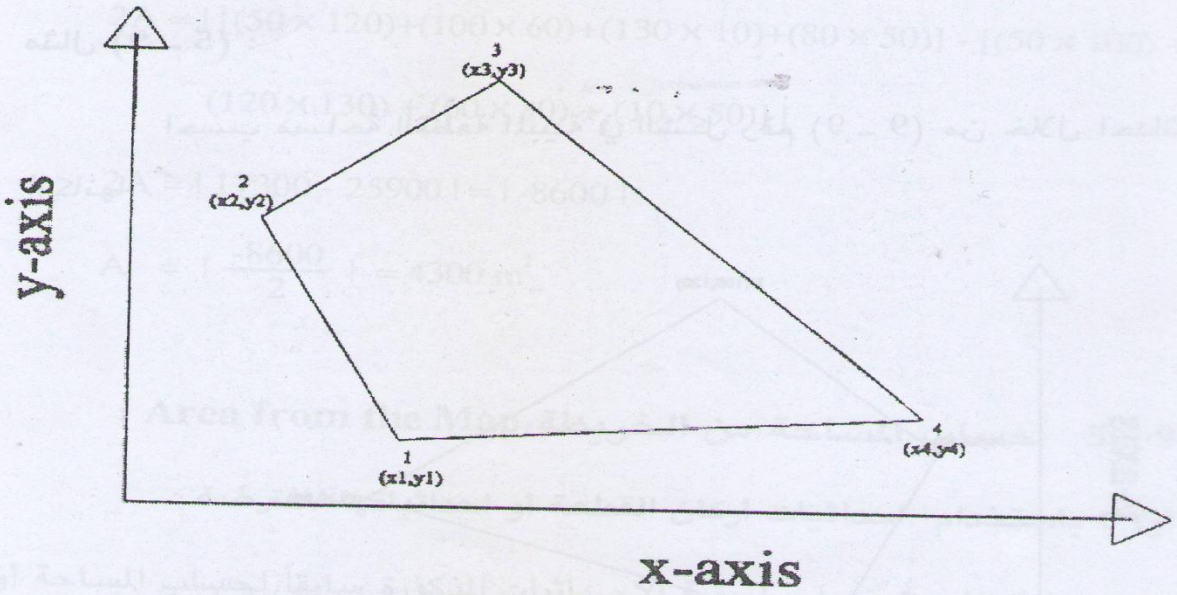
$$A = \frac{d}{3}\{ h_1 + h_7 + 4 (h_2+h_4+h_6)+ 2 (h_3+h_5)\}$$

$$A = \frac{12}{3}\{ 25 + 16 + 4 (27+31+22)+ 2 (20+19)\}$$

$$A = 1756\ m^2$$

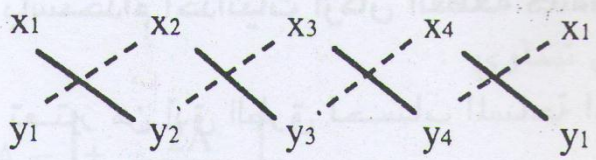
جـ – باستخدام احداثيات أركان القطعة Using Coordinates :

تعتبر من أدق الطرق لحساب المساحة المحددة بخطوط مستقيمة وتحسب المساحة من الاحداثيات المحسوبة من أعمال المسح الأفقي أو من الاحداثيات المفترضة والمقاسة من الخريطة سواء باستخدام التقنيات البسيطة أو الحديثة التي تحول الخريطة إلى احداثيات رقمية مخزنة يمكن استخدامها لحساب المساحة وبدقة معينة تعتمد بالأساس على دقة الخريطة ودقة تحويل الخريطة إلى احداثيات باستخدام التقنية المختارة . وبشكل عام اذا علمت احداثيات أركان قطعة مغلقة الشكل فيمكن حساب مساحتها باستخدام قانون الاحداثيات لحساب المساحة .



الشكل رقم (9 – 8)

فإذا كان المضلع المبين في الشكل (9 – 8) معلوم الاحداثيات فإن مساحته يمكن حسابها من خلال ترتيب الاحداثيات للنقاط على النحو التالي :



فإذا كان :

$$S_1 = x_1y_1 + x_2y_3 + x_3y_4 + x_4y_1$$

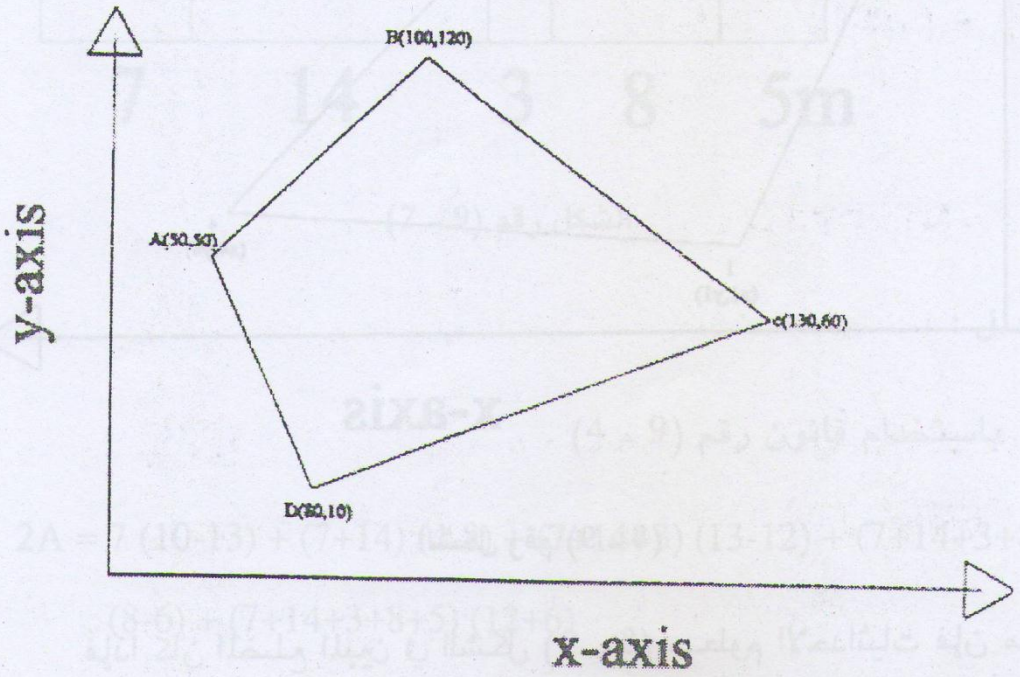
$$S_2 = x_2y_1 + x_3y_2 + x_4y_3 + x_1y_4$$

فإن المساحة تساوي :

$$A = \frac{|S_1 - S_2|}{2} \quad \text{..... (5-9)}$$

مثال (9 ـ 5) :

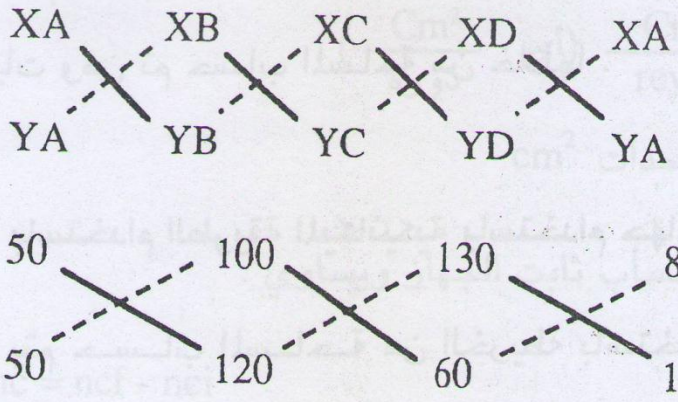
احسب مساحة القطعة المبينة في الشكل رقم (9 ـ 9) من خلال احداثيات أركانها .



الشكل رقم (9 ـ 9)

الحـــل :

1 ـ نعمل على ترتيب احداثيات الأركان .



2 ـ نطبق المعادلة رقم (9 ـ 5) :

$$2A = | [(50 \times 120)+(100 \times 60)+(130 \times 10)+(80 \times 50)] - [(50 \times 100) + (120 \times 130) + (60 \times 80) + (10 \times 50)] |$$

$$2A = | 17300 - 25900 | = | -8600 |$$

$$A = | \frac{-8600}{2} | = 4300 \ m^2$$

ثانياً: القياسات على الخارطة

باستخدام الطريقة الميكانيكية باستخدام جهاز البلانيميتر (Planimeter) :

يتم حساب المساحة من الخريطة باستخدام جهاز البلانيميتر المكون من ثلاثة أجزاء رئيسة (الشكل رقم 9 ـ 10) :

1 ـ نقطة التثبيت .

2 ـ نقطة التتبع .

3 ـ مسجل عدد الدورات في الجهاز .

وهنالك نوعين من الأجهزة الأول وهو الأقدم ويظهر فيه عدد الدورات بشكل ميكانيكي (الشكل رقم 9 ـ 10) ، أما الثاني فيظهر فيه عدد الدورات بشكل رقمي (الشكل رقم 9 ـ 11) وبشكل عام توضع نقطة التثبيت خارج حدود الشكل أو الرسم المراد حساب مساحته اذا كان الشكل صغيراً بحيث يمكن احاطته بواسطة نقطة التتبع ، أما اذا كان الشكل كبيراً بحيث لا يمكن احاطته بنقطة التتبع عندئذ توضع نقطة التثبيت داخل الشكل أو الخريطة ويتم حساب المساحة في الحالة الأولى وذلك بحساب ثابت الجهاز باتخاذ شكل منتظم معلوم المساحة بوحدات (cm) كأن يكون مربعاً أو مستطيلاً ويتم وضع نقطة التثبيت خارج الشكل ويتم حساب عدد الدورات بأخذ قراءة أولية للجهاز (nci) عند نقطة البداية وأخذ قراءة نهائية للجهاز (ncf) عند نفس النقطة بعد تتبع حدود الشكل المنتظم .

ثم يحسب ثابت للجهاز باستخدام القانون الآتي :

ثابت الجهاز $C = \frac{A}{nc}$ ..... (6-9)

حيث أن :

C : ثابت الجهاز بوحدات $\frac{Cm^2}{revol}$ (أي $\frac{Cm^2}{دورة}$)

A : مساحة الشكل المنتظم بوحدات cm^2

nc : عدد الدورات الخاصة بحساب ثابت الجهاز ويساوي :

$nc = ncf - nci$ ..... (7-9)

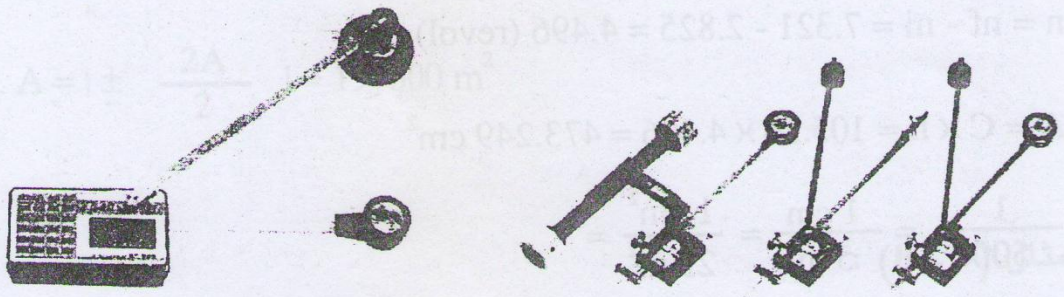
ثم يتم حساب المساحة من الخريطة وذلك بوضع نقطة التثبيت خارج حدود الشكل أو الخريطة وامرار نقطة التتبع على حدود الشكل أو الخريطة بعد أخذ قراءة أولية عند نقطة البداية (ni) وقراءة نهائية بعد احاطة الشكل عند نفس النقطة (nf) ويتم حساب عدد الدورات حيث يساوي : $n = nf - ni$ (عدد الدورات)

المساحة بوحدات (cm^2) من خلال القانون العام وهو :

$A = C . n$ .....

ويتم تحويل المساحة إلى وحدات أرضية (m^2) من خلال مقياس الرسم .

ثم يتم تحويل المساحة إلى وحدات أرضية (m^2) من خلال مقياس الرسم .



الشكل رقم (9 – 11)

مثال (9 ـ 6) :

استخدم جهاز البلانيمتر (planimeter) لقياس مساحة قطعة مرسومة بمقياس 1/500 حيث كانت نقطة التثبيت خارج حدود القطعة فكانت القراءة الأولية والنهائية لعدد الدورات خارج حدود القطعة (دورة) ni= 2.825 . (دورة) nf= 7.321 ولغرض حساب ثابت الجهاز رسم مربع بأبعاد (10 x 10) cm

ووضعت نقطة التثبيت خارج حدود الرسم وأخذت قراءة أولية لعدد الدورات (دورة) nci= 1.723 وقراءة نهائية (دورة) ncf= 2.673 . المطلوب حساب مساحة القطعة بوحدات المتر المربع .

الحل :

1 ـ ايجاد ثابت الجهاز :

$$n_c = ncf - nci = 2.673 - 1.723 = 0.95 \text{ (revol)}$$

$$\text{ثابت الجهاز } C = \frac{100 \text{ cm}^2}{0.95} = 105.26 \text{ cm}^2/\text{revol}$$

2 ـ حساب مساحة القطعة :

$$n = nf - ni = 7.321 - 2.825 = 4.496 \text{ (revol)}$$

$$A = C \times h = 105.26 \times 4.496 = 473.249 \text{ cm}^2$$

$$\frac{1}{500} = \frac{1 \text{ cm}}{5 \text{ m}} = \frac{1 \text{ cm}^2}{25 \text{ m}^2} =$$

$$A = 473.249 \times 25 = 11831.23 \text{ m}^2$$

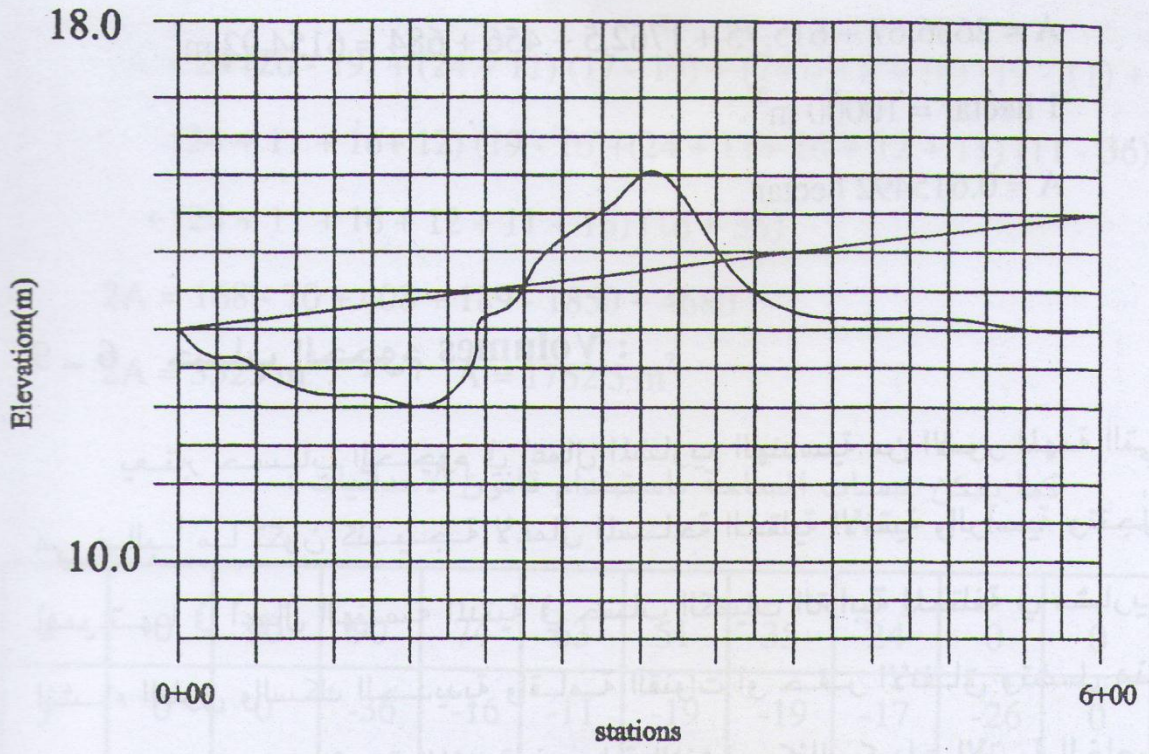
9 ـ 6 حساب الحجوم Volumes :

يعتبر حساب الحجوم في أعمال المشاريع الهندسية من الأمور المهمة التي هي غالباً ما تكون كنتيجة لأعمال المساحة الحقلية الأفقية والرأسية وتتجلى أهميتها في أعمال الهندسة المدنية في حساب الكميات الترابية المختلفة في مشاريع انشاء الطرق والسكك الحديدية واقامة القنوات أو حفر الأنفاق وتشمل هذه الكميات كميات الأتربة اللازمة في عملية الانشاء وكذلك كميات الأتربة الخاصة بأعمال الحفر لرفعها لغرض الانشاء كذلك فإن حساب الحجوم من الأمور المهمة في تحديد كميات المياه في الخزانات المائية وكميات المياه أمام السدود الضخمة كذلك في أعمال المساحة الطوبوغرافية والمساحة للأغراض الجيولوجية وغيرها .

9 ـ 7 طرق حساب الحجوم للكميات الترابية :

أولاً : حساب الحجم من المقاطع العرضية :

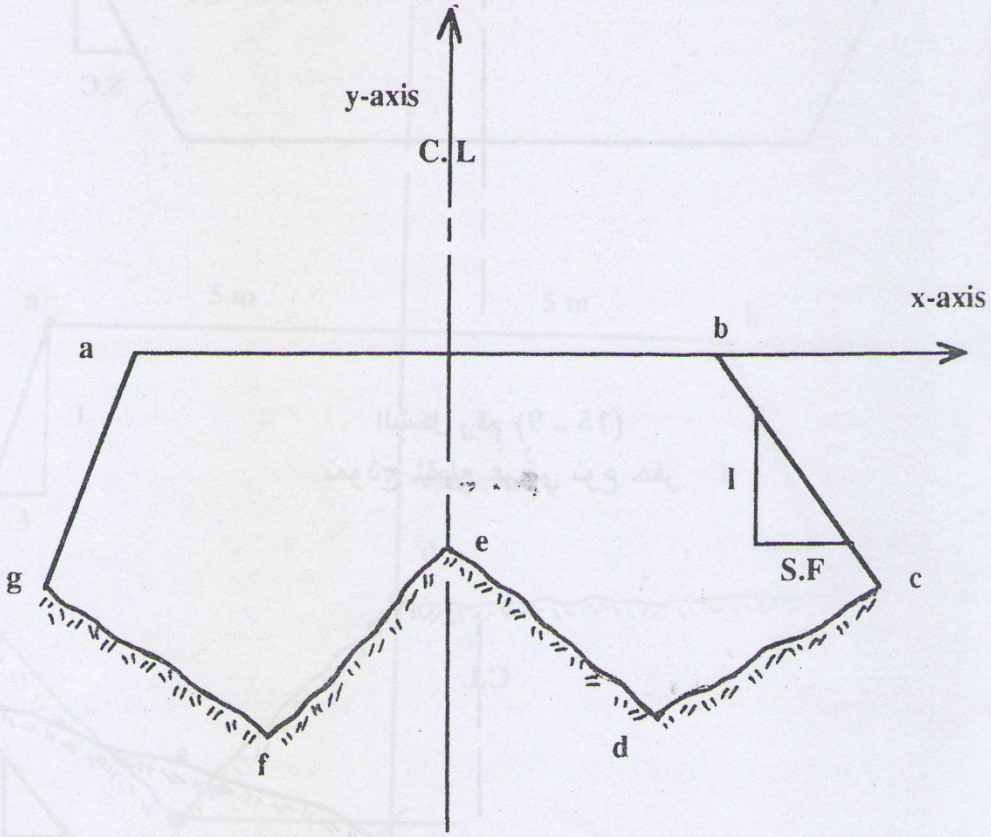
عادة يقسم المقطع الطولي (Profile) المكون أساساً من أعمال التسوية للارتفاعات (المناسيب) إلى مسافات محددة (محطات كل 100m أو انصافها (50m) على سبيل المثال وحسب المواصفات) وتثبيت النقاط المهمة (مناسيبها) على ذلك المقطع والذي يمثل التمثيل الطوبوغرافي للخط المركزي للمشروع التصميمي المراد انشاؤه (طريق على سبيل المثال) انظر الشكل (9 ـ 13) .



الشكل رقم (9 ـ 13)

وتمثل المقاطع العرضية التي تصنع زاوية 90° مع المقطع الطولي الجزء المهم الممتد على عرض التصميم (طريق ، قناة ، نفق ، ..... الخ) في حساب الحجم للكميات الترابية وأيضاً يتكون المقطع العرضي من المسافات الأفقية والارتفاعات (المناسيب) المقيسة من خلال أعمال التسوية وتكون المقاطع العرضية على أشكال متعددة وحسب نوع المقطع والتصميم المراد انشاؤه والمقاطع العرضية ثلاثة أنواع أما حفر للأرض الطبيعية (cut) الشكل رقم (9 ـ 15) أو ردم (fill) الشكل رقم (9 ـ 14) أو حفر وردم في نفس الوقت كما في الشكل (9 ـ 16) ولغرض حساب الحجم يجب حساب مساحة المقطع العرضي وهو إما أن يكون بواسطة القوانين الرياضية المناسبة لكل نوع من المقاطع أو من خلال استخدام طريقة الاحداثيات في حساب المساحة وذلك بتحديد المحور السيني (x-axis) الذي غالباً يفرض ملامساً لسطح الانشاء في المقطع العرضي وكذلك بتحديد المحور الصادي (y-axis) الذي عادة يمثل الخط المركزي للتصميم الانشائي (center line) وتحسب احداثيات

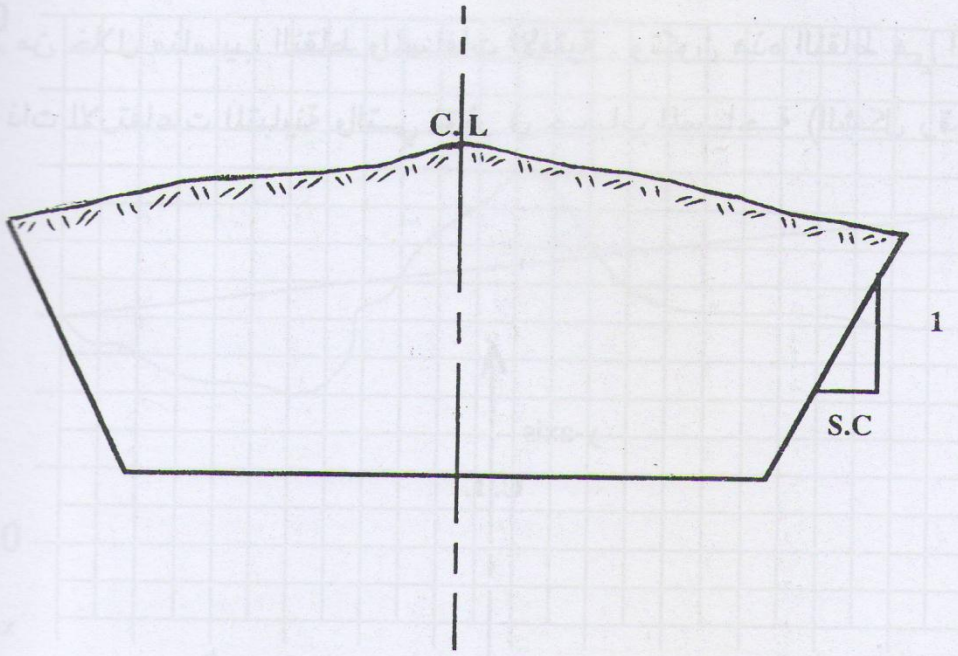
النقاط من خلال مناسيب النقاط والمسافات الأفقية . وتكون هذه النقاط هي النقاط المهمة ذات الارتفاعات المتباينة والتي تؤثر في حساب المساحة (الشكل رقم 9 – 14) .



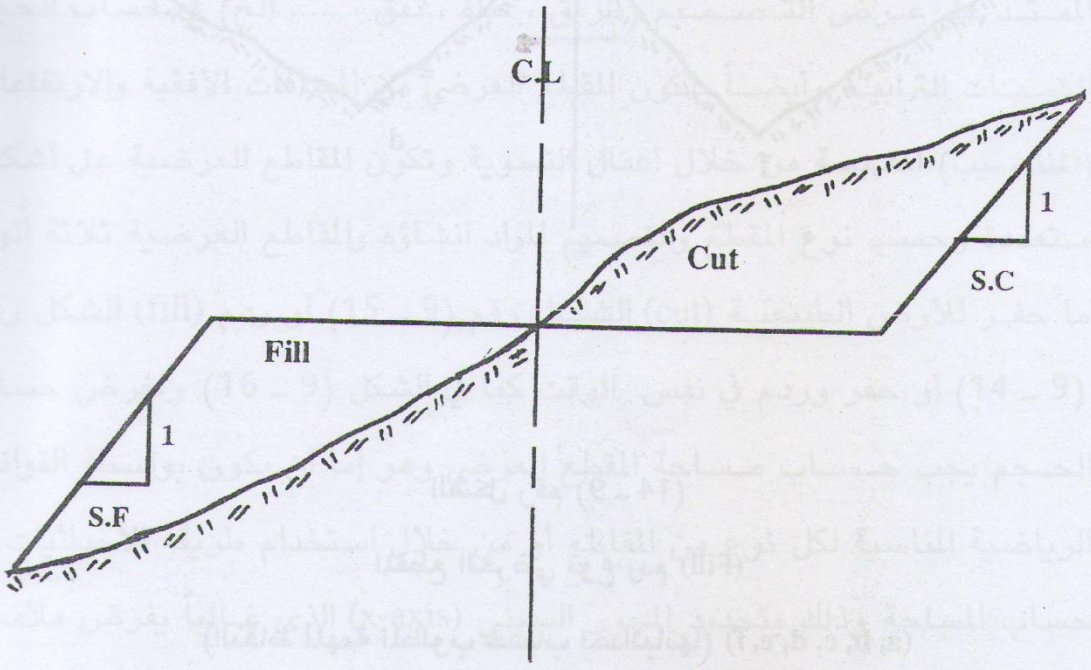
الشكل رقم (9 – 14)

المقطع العرضي نوع ردم (Fill)

(النقاط المهمة المطلوب حساب احداثياتها) (a, b, c, d, e, f)



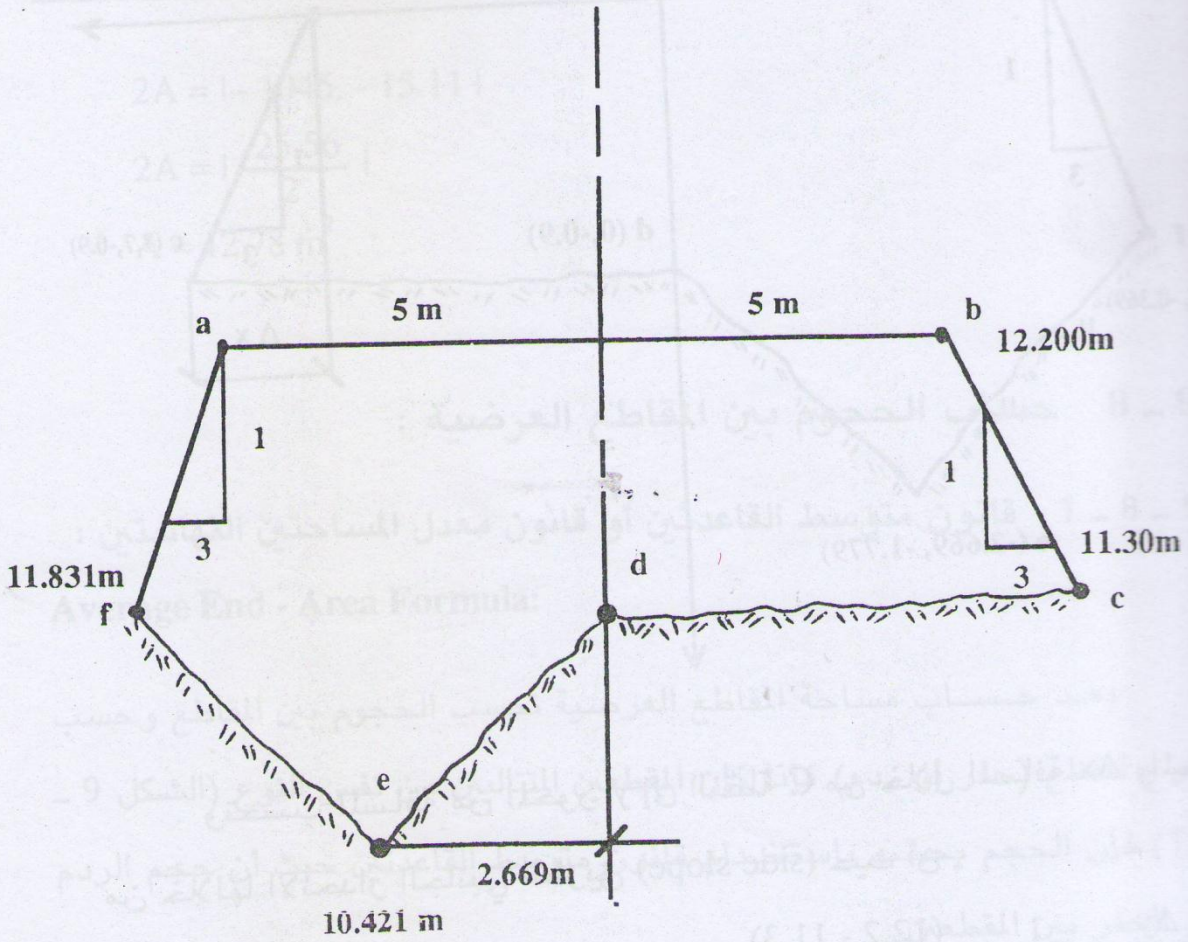
الشكل رقم (9 ـ 15)
نموذج لمقطع عرضي نوع حفر



الشكل رقم (9 ـ 16)
نموذج لمقطع عرضي نوع حفر وردم

مثال (9 ـ 12) :

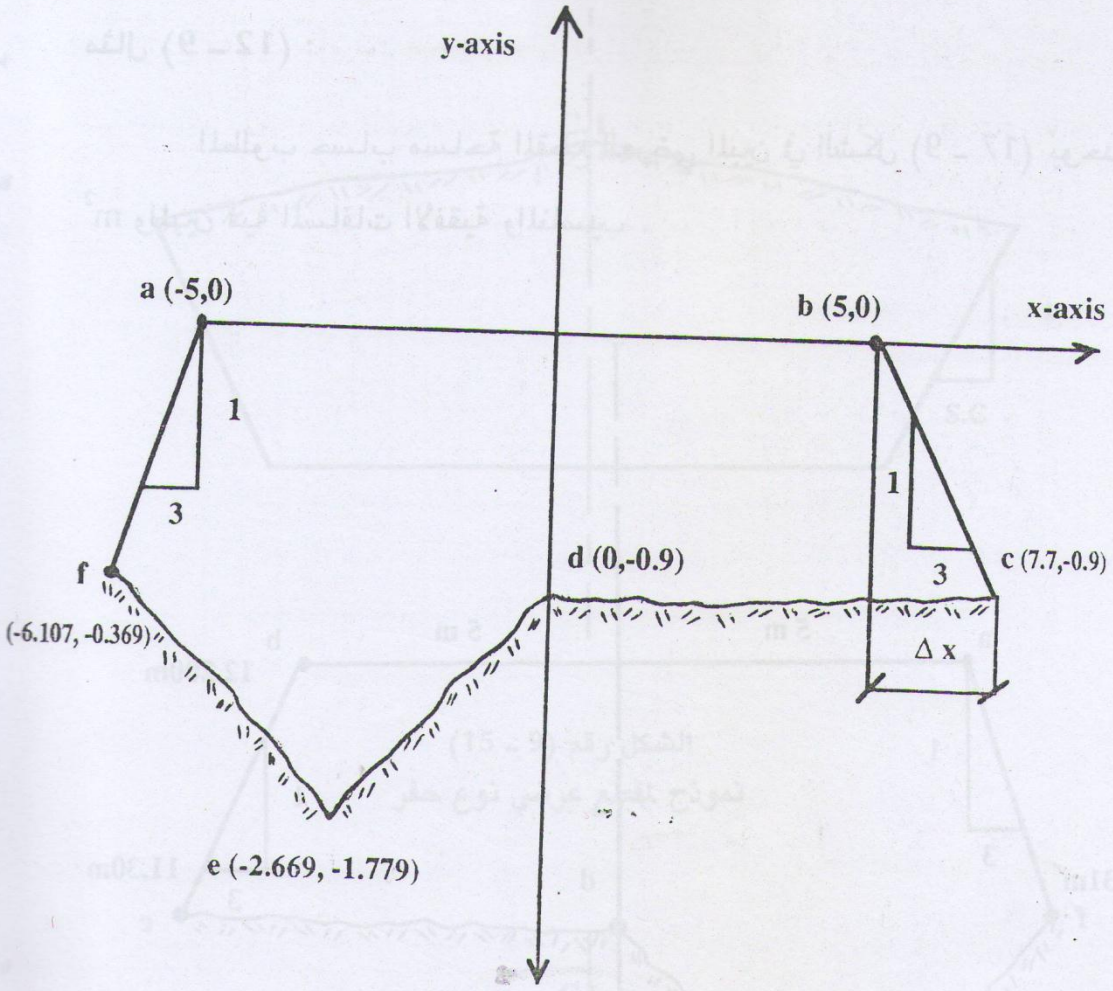
المطلوب حساب مساحة المقطع العرضي المبين في الشكل (9 ـ 17) بوحدات m^2 والمبين فيه المسافات الأفقية والمناسيب .



الشكل رقم (9 ـ 17)

الحـــل :

لغـرض حـساب المساحة عن طريق قانون الاحداثيات نحدد المحور الصادي (y-axis) والمحور السيني (x-axis) وكما في الشكل أدناه :



وتحسب المسافة من المحور y إلى النقطة C من خلال المسافة Δx والمحسوبة من خلالها الانحدار الجانبي للطريق (side slope) حيث أن :

$$\frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{1}{3} = \frac{(12.2 - 11.3)}{\Delta x}, \quad \Delta x = 2.7 \text{ m}$$

$$xc = 2.7 + 5 \text{ m} = 7.7 \text{ m}$$

وبنفس الأسلوب تحسب المسافة من المحور y وحتى f .

$$\frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{1}{3} = \frac{0.369}{\Delta x}$$

$$\Delta x = 1.107 \text{ m}$$

$$xf = -1.107 - 5 = -6.107 \text{ m}$$

ثم تحسب المساحة للمقطع من خلال قانون الاحداثيات :

x	-5	5	7.7	0	-2.669	-6.107	-5
y	0	0	-0.9	-0.9	-1.779	-0.369	0

$$2A = |-1045. - 15.11|$$

$$2A = |\frac{-25.56}{2}|$$

$$A = 12.78\ m^2$$

9 ـ 8 حساب الحجوم بين المقاطع العرضية :

9 ـ 8 ـ 1 قانون متوسط القاعدتين أو قانون معدل المساحتين النهائيتين :

Average End - Area Formula:

بعد حساب مساحة المقاطع العرضية تحسب الحجوم بين المقاطع وحسب نوع المقطع (حفر أو ردم) فإذا كان المقطعين المتتاليين من نفس النوع (الشكل 9 ـ 18) فإن الحجم يحسب باستخدام قانون متوسط القاعدتين حيث أن حجم الردم أو الحفر بين المقطعين :

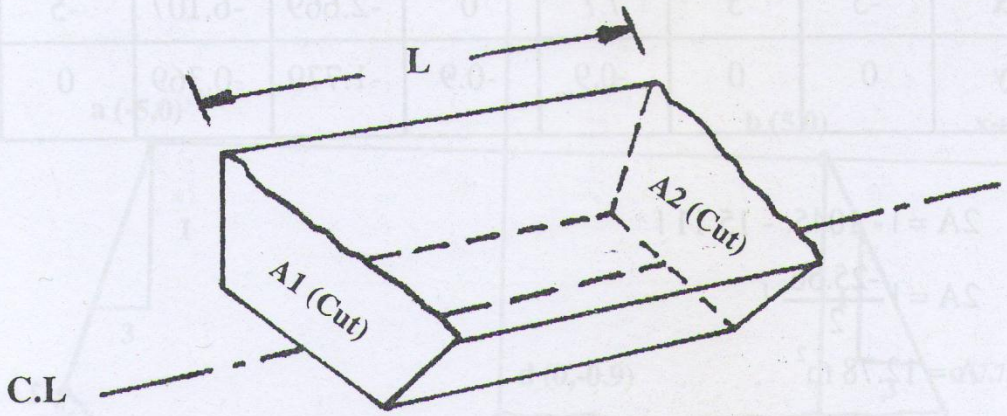
$$V = (\frac{A_1 + A_2}{2}) \times L \qquad \text{..... (9-9)}$$

حيث أن :

A_1 : مساحة المقطع الأول .

A_2 : مساحة المقطع الثاني .

L : المسافة بين المقطعين .



الشكل رقم (9 ـ 18)

وإذا كـان لدينا عدد من المقاطع العرضية المتتالية ومن نفس النوع (حفر أو ردم) فإن الحجم يحسب على النحو التالي :

$$\text{Total } V_{A1-An} = L\left(\frac{A_1+A_n}{2} + A_2 + A_3 + A_4 + \ldots\ldots + A_{n-1}\right) \ldots\ldots (10\text{-}9)$$

حيث أن :

L : المسافة بين كل مقطعين وهي متماثلة .

A_1 : مساحة المقطع الأول .

A_n : مساحة المقطع الأخير .

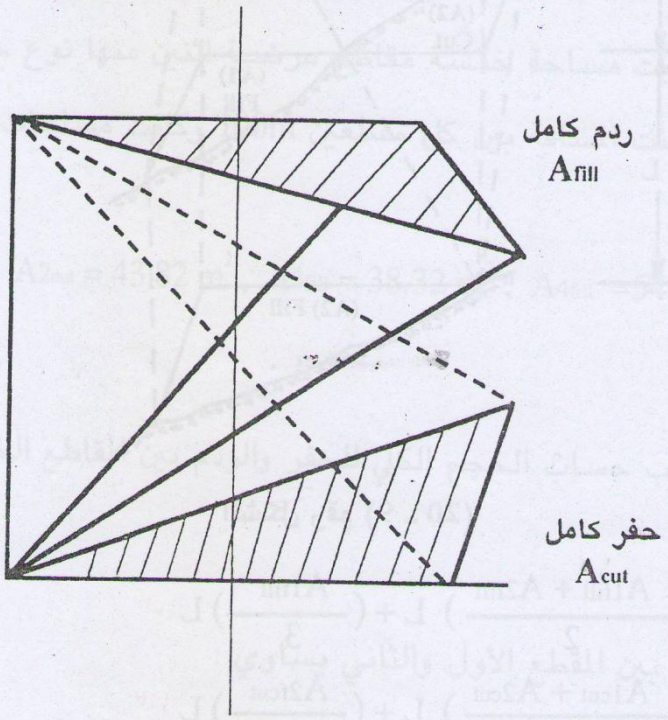
أمـا إذا كان المقطعين العرضيين المتتاليين مختلفين من ناحية النوع أي (حفر ، ردم) أو بالعكس فـعندئذ يحسب الحـجم بين المقطعين على هيئة هرمين احـداهما للحفر والثاني للردم (الشكل رقم 9 ـ 19) .

حيث أن :

$$V_{cut} = \frac{1}{3} \times A_{cut} \times L \quad \text{..... (11-9)}$$

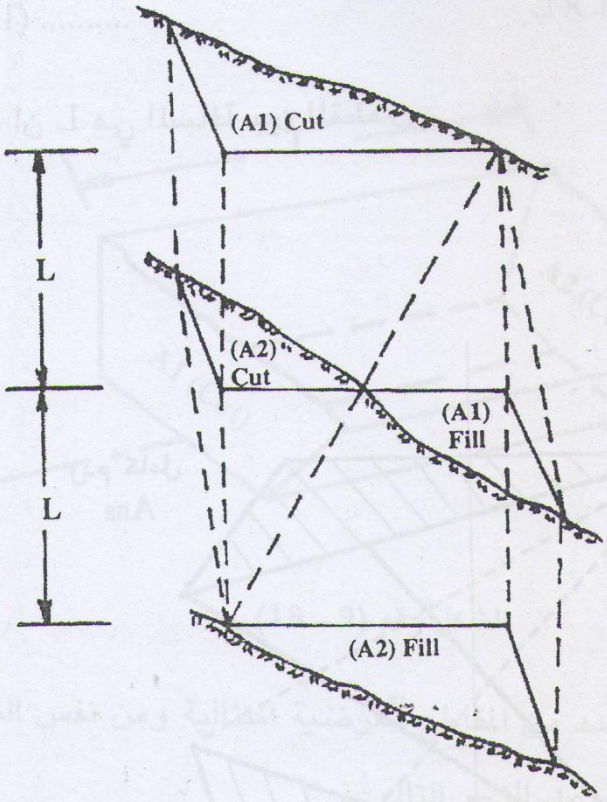
$$V_{fill} = \frac{1}{3} \times A_{fill} \times L \quad \text{..... (12-9)}$$

حيث أن L هي المسافة بين المقطعين :



الشكل رقم (9 ـ 19)

أما اذا كان المقطع العرضي يتكون من حفر وردم في أن واحد ويليه أو يسبقه مقطع اخر حفر أو ردم (الشكل رقم 9 ـ 20) ففي هذه الحالة يحسب الحجم وعلى النحو التالي :



الشكل رقم (9 ـ 20)

$$V_{fill} = \left(\frac{A1_{fill} + A2_{fill}}{2}\right) L + \left(\frac{A1_{fill}}{3}\right) L$$

$$V_{cut} = \left(\frac{A1_{cut} + A2_{cut}}{2}\right) L + \left(\frac{A2_{fcut}}{3}\right) L$$

مثال (9 ـ 13) :

حُسبت مساحة ستة مقاطع عرضية نوع (ردم) لانشاء طريق وكانت على النحو الآتي :

$A_1 = 32.41m^2$, $A_2 = 28.51m^2$, $A_3 = 37.81m^2$, $A_4 = 22.62m^2$, $A_5 = 41.57m^2$, $A_6 = 20.35m^2$

وكانت المسافة بين كل مقطعين 100 m . المطلوب حساب الحجم الكلي للردم بين هذه المقاطع .

الحـــل :

باستخدام القانون رقم (9 ـ 10) يكون الحجم الكلي للردم :

$$\text{Total Volume} = 100 \left(\frac{32.41+20.35}{2} + 28.51 + 37.81 + 22.62 + 41.57 \right)$$

$$= 15689 \text{ m}^3$$

مثال (9 ـ 14) :

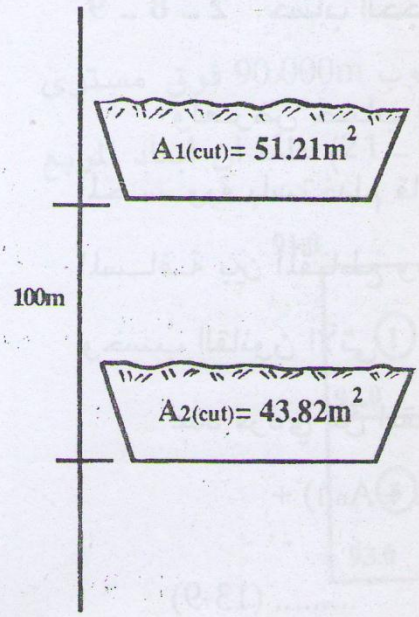
حسبت مساحة خمسة مقاطع عرضية اثنين منها نوع حفر والثلاثة البقية نوع ردم وكانت المسافة بين كل مقطعين 100m وكانت مساحات المقاطع على النحو التالي :

$A1_{cut} = 51.21 \text{ m}^2$, $A2_{cut} = 43.82 \text{ m}^2$, $A3_{fill} = 38.32 \text{ m}^2$, $A4_{fill} = 54.89 \text{ m}^2$, $A5_{fill} = 31.22 \text{ m}^2$

المطلوب حساب الحجم الكلي للحفر والردم بين المقاطع الخمسة .

الحـــل :

حجم الحفر بين المقطع الأول والثاني يساوي :



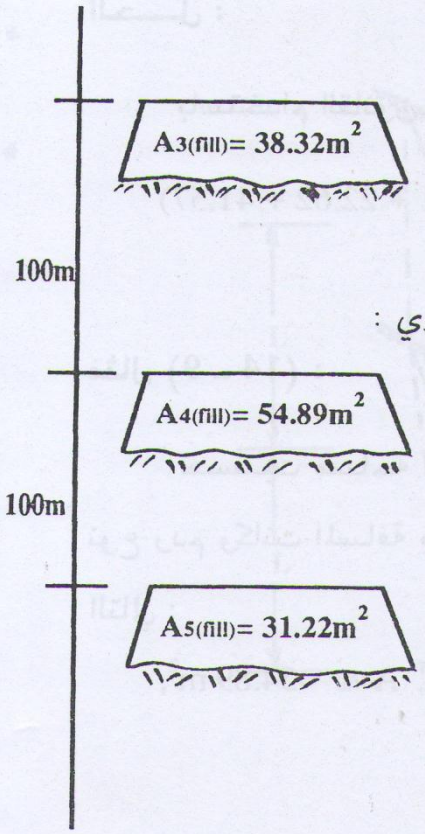
$$V_{cut} = \left(\frac{51.21+43.82}{2} \right) \times 100$$

$$= 4751.5 \text{ m}^3$$

حجم الحفر بين المقطع الثاني والثالث يساوي :

$$V_{cut} = \frac{1}{3} \times 43.82 \times 100$$

$$= 1460.67 \text{ m}^3$$



حجم الردم بين المقطع الثاني والثالث يساوي :

$$V_{fill} = \frac{1}{3} \times 38.32 \times 100$$

$$= 1277.33 \text{ m}^3$$

حجم الردم بين المقطع الثالث والرابع والخامس يساوي :

$$V_{fill} = 100 \left(\frac{38.32+31.22}{2} + 54.89 \right)$$

$$= 8966 \text{ m}^2$$

الحجم الكلي للحفر يساوي :

$$V_{cut} = 4751.51 + 1460.67 = 6212.17 \text{ m}^3$$

الحجم الكلي للردم يساوي :

$$V_{fill} = 1277.33 + 8966 = 10243.33 \text{ m}^3$$

9 ـ 8 ـ 2 حساب الحجوم باستخدام قانون الاسفين الناقص Prismoidal Formula :

ولغرض حساب الحجوم للكميات الترابية بين المقاطع بدقة أكبر من الحجوم المحسوبة باستخدام قانون متوسط القاعدتين تؤخذ عندئذ مقاطع اضافية وتقلل المسافة بين المقاطع ويحسب الحجم الكلي ولعدد فردي من المقاطع العرضية وحسب القانون الآتي :

n = عدد فردي من المقاطع

$$\text{Total vol} = \frac{L}{3}[A_1 + A_n + 4(A_2 + A_4 + \ldots\ldots + A_{n-1}) +$$

$$2(A_3 + A_5 + \ldots\ldots + A_{n-2})] \qquad \ldots\ldots\ldots (13\text{-}9)$$

المقاطع Sections:

هذا النوع من اعمال التسوية يكون الجزء الاكبر و الاهم منها، و الغرض من المقاطع هو الحصول على مناسيب نقاط على سطح الارض و مواقعها بالنسبة لبعضها البعض، سواء كانت هذه النقاط على مستقيم واحد او عدة مستقيمات او منحنيات، حتى يمكن بيانها بالرسم بمقياس رسم معين، و يتطلب ذلك بالإضافة الى قياس ارتفاعات او انخفاضات هذه النقاط عن مستوى سطح المقارنة قياس ابعادها الافقية على هذا الخط ايضا.

المقاطع العرضية

تؤخذ المقاطع العرضية بزوايا قائمة عند كل نقطة تم رصدها على المقاطع الطولية ، و ان الغرض منها هو لبيان طبيعة الارض على يمين و يسار المقطع الطولي لاي مشروع، و كذلك لحساب كميات التربة الواجب رفعها او ردمها. و تساعد في تصميم و حساب كميات المياه الواجب خزنها او مرورها في الانهار و الجداول و السدود.

يمكن القيام باعمال المقاطع العرضية عادةً اثناء القيام باعمال المقاطع الطولية و تكون عادةً عمودية على المقطع الطولي ، و تعين اتجاهات المقاطع العرضية بواسطة اجهزة اقامة الاعمدة مثل المربع الموشوري Prism square او المربع العدسي Optical square.

المسافة الافقية بين كل مقطع عرضي و الذي يليه تعتمد على طبيعة الارض و الغرض من المشروع، فقد تكون 10 متر او قد تصل الى 150 متر، و في الحالات الخاصة بتطهير الانهر و الميازل تصل الى 200 متر.

طرق عمل المقاطع العرضية:

أولاً: يبدأ العمل للمقطع العرضي ابتداءاً من محوره

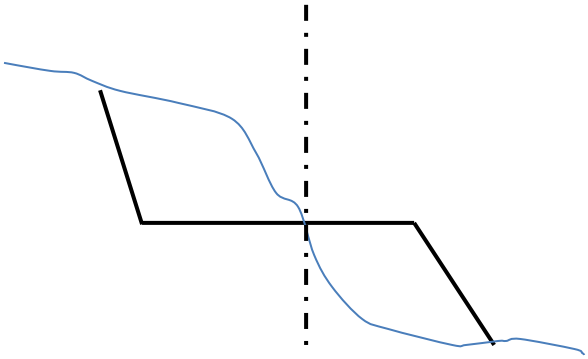
تستخدم هذه الطريقة في الاعمال الانشائية كإنشاء مبزل او جدول او طريق، حيث تؤخذ المسافات الافقية على جانبي المحور المركزي عند كل محطة و كذلك تسجل مناسيب النقاط عند نهايات المسافات الجانبية، اضافةً الى ذلك ترصد مناسيب النقاط عند المحور. تدون هذه القياسات في دفتر الحقل.

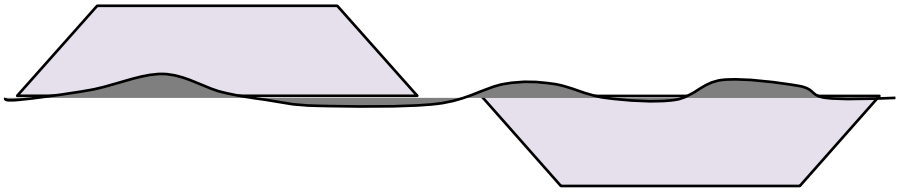
ثانياً: يبدأ العمل للمقطع العرضي من أحد الجانبين

و تستخدم هذه الطريقة في حالات تطهير المبازل و الجداول و التي يتعذر علينا تحديد او تعيين المحور الوسطي للجدول اوالمبزل، و ذلك لوجود مياه فيه. يبدأ عمل المقطع العرضي من الجهة اليمنى او اليسرى. يمد الشريط من جهة اليسار مثلاً باتجاه المقطع العرضي و عموديا على المقطع الطولي و ترصد مناسيب النقاط عند كل تغير في المنسوب، تدون الارصادات في دفتر الحقل.

أنواع المقاطع العرضية:

- مقطع حفر Cut cross section
- مقطع ردم Fill cross section
- مقطع حفر و ردم Cut and Fill cross section





المقاطع Sections:

هذا النوع من اعمال التسوية يكون الجزء الاكبر و الاهم منها، و الغرض من المقاطع هو الحصول على مناسيب نقاط على سطح الارض و مواقعها بالنسبة لبعضها البعض، سواء كانت هذه النقاط على مستقيم واحد او عدة مستقيمات او منحنيات، حتى يمكن بيانها بالرسم بمقياس رسم معين، و يتطلب ذلك بالإضافة الى قياس ارتفاعات او انخفاضات هذه النقاط عن مستوى سطح المقارنة قياس ابعادها الافقية على هذا الخط ايضا.

المقاطع العرضية z

تؤخذ المقاطع العرضية بزوايا قائمة عند كل نقطة تم رصدها على المقاطع الطولية ، و ان الغرض منها هو لبيان طبيعة الارض على يمين و يسار المقطع الطولي لاي مشروع، و كذلك لحساب كميات التربة الواجب رفعها او ردمها. و تساعد في تصميم و حساب كميات المياه الواجب خزنها او مرورها في الانهار و الجداول و السدود.

يمكن القيام باعمال المقاطع العرضية عادةً اثناء القيام باعمال المقاطع الطولية و تكون عادةً عمودية على المقطع الطولي ، و تعين اتجاهات المقاطع العرضية بواسطة اجهزة اقامة الاعمدة مثل المربع الموشوري Prism square او المربع العدسي Optical square.

المسافة الافقية بين كل مقطع عرضي و الذي يليه تعتمد على طبيعة الارض و الغرض من المشروع، فقد تكون 10 متر او قد تصل الى 150 متر، و في الحالات الخاصة بتطهير الانهر و المبازل تصل الى 200 متر.

طرق عمل المقاطع العرضية:

أولاً: يبدأ العمل للمقطع العرضي ابتداءاً من محوره

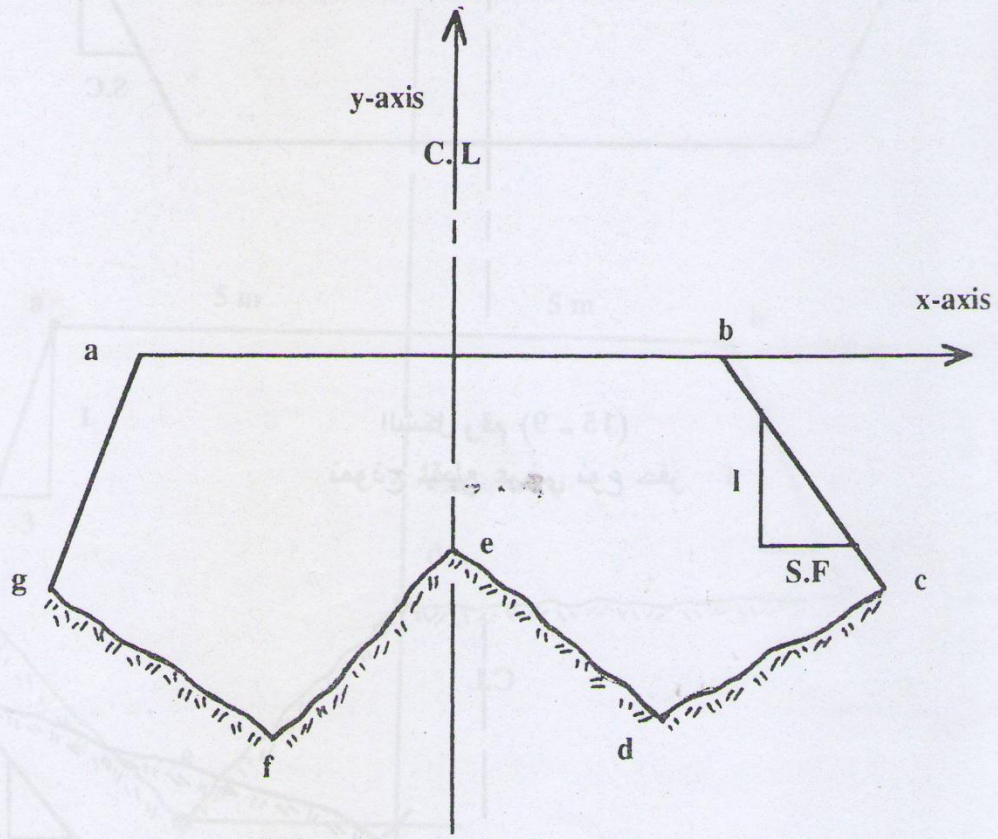
تستخدم هذه الطريقة في الاعمال الانشائية كإنشاء مبزل او جدول او طريق، حيث تؤخذ المسافات الافقية على جانبي المحور المركزي عند كل محطة و كذلك تسجل مناسيب النقاط عند نهايات المسافات الجانبية، اضافةً الى ذلك ترصد مناسيب النقاط عند المحور. تدون هذه القياسات في دفتر الحقل.

ثانياً: يبدأ العمل للمقطع العرضي من أحد الجانبين

و تستخدم هذه الطريقة في حالات تطهير المبازل و الجداول و التي يتعذر علينا تحديد او تعيين المحور الوسطي للجدول اوالمبزل، و ذلك لوجود مياه فيه. يبدأ عمل المقطع العرضي من الجهة اليمنى او اليسرى. يمد الشريط من جهة اليسار مثلاً باتجاه المقطع العرضي و عموديا على المقطع الطولي و ترصد مناسيب النقاط عند كل تغير في المنسوب، تدون الارصادات في دفتر الحقل.

أنواع المقاطع العرضية:

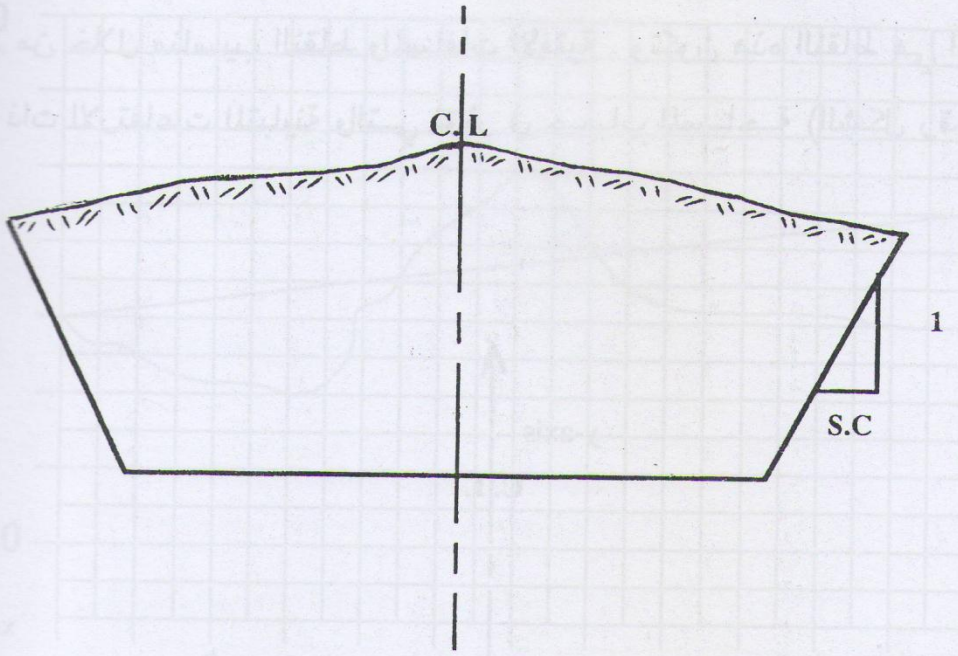
- مقطع حفر Cut cross section
- مقطع ردم Fill cross section
- مقطع حفر و ردم Cut and Fill cross section



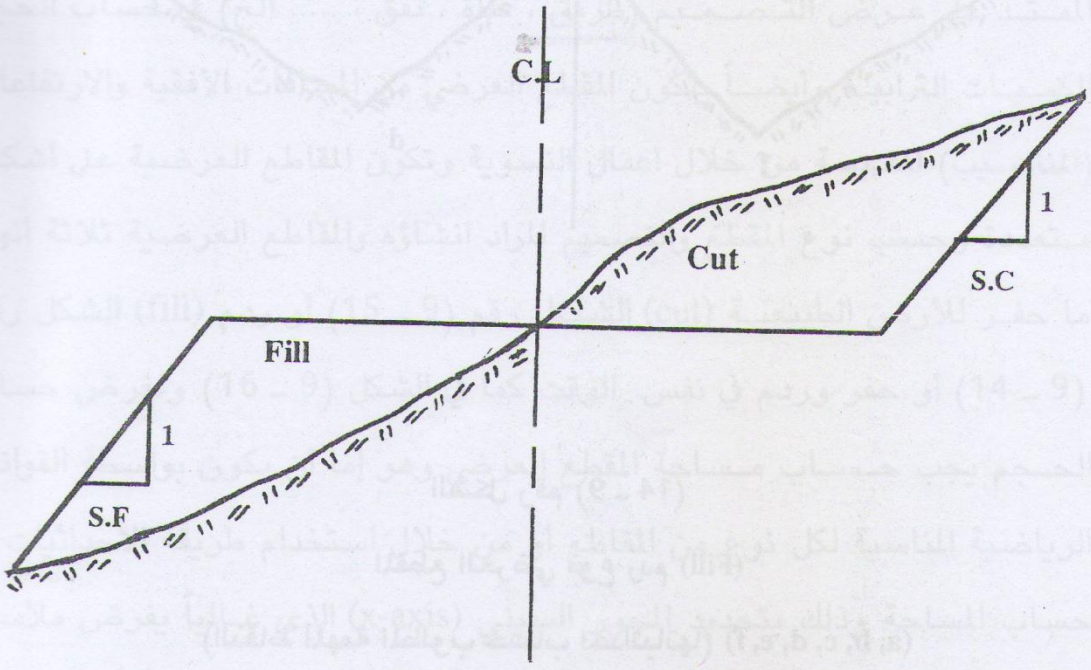
الشكل رقم (9 ـ 14)

المقطع العرضي نوع ردم (Fill)

(النقاط المهمة المطلوب حساب احداثياتها (a, b, c, d, e, f)



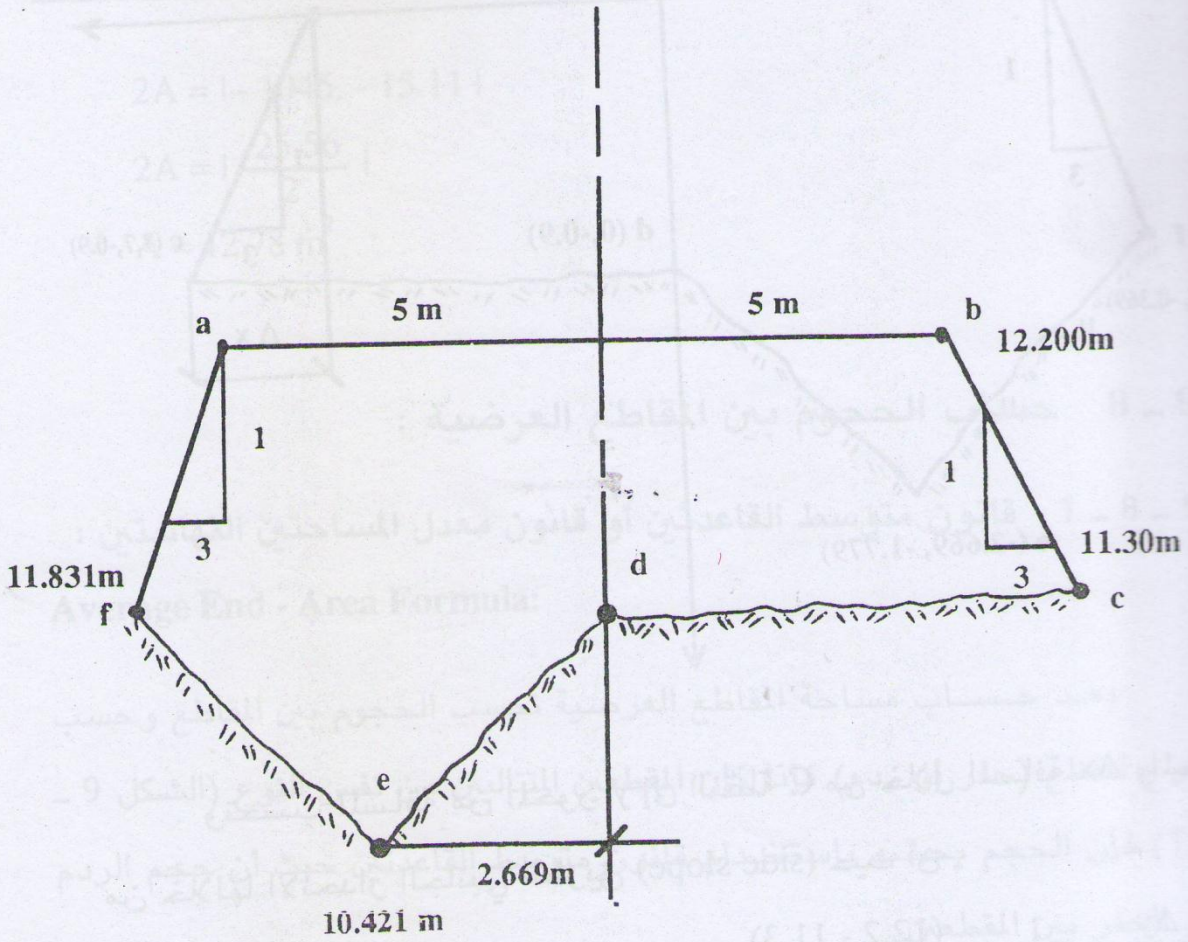
الشكل رقم (9 ـ 15)
نموذج لمقطع عرضي نوع حفر



الشكل رقم (9 ـ 16)
نموذج لمقطع عرضي نوع حفر وردم

مثال (9 ـ 12) :

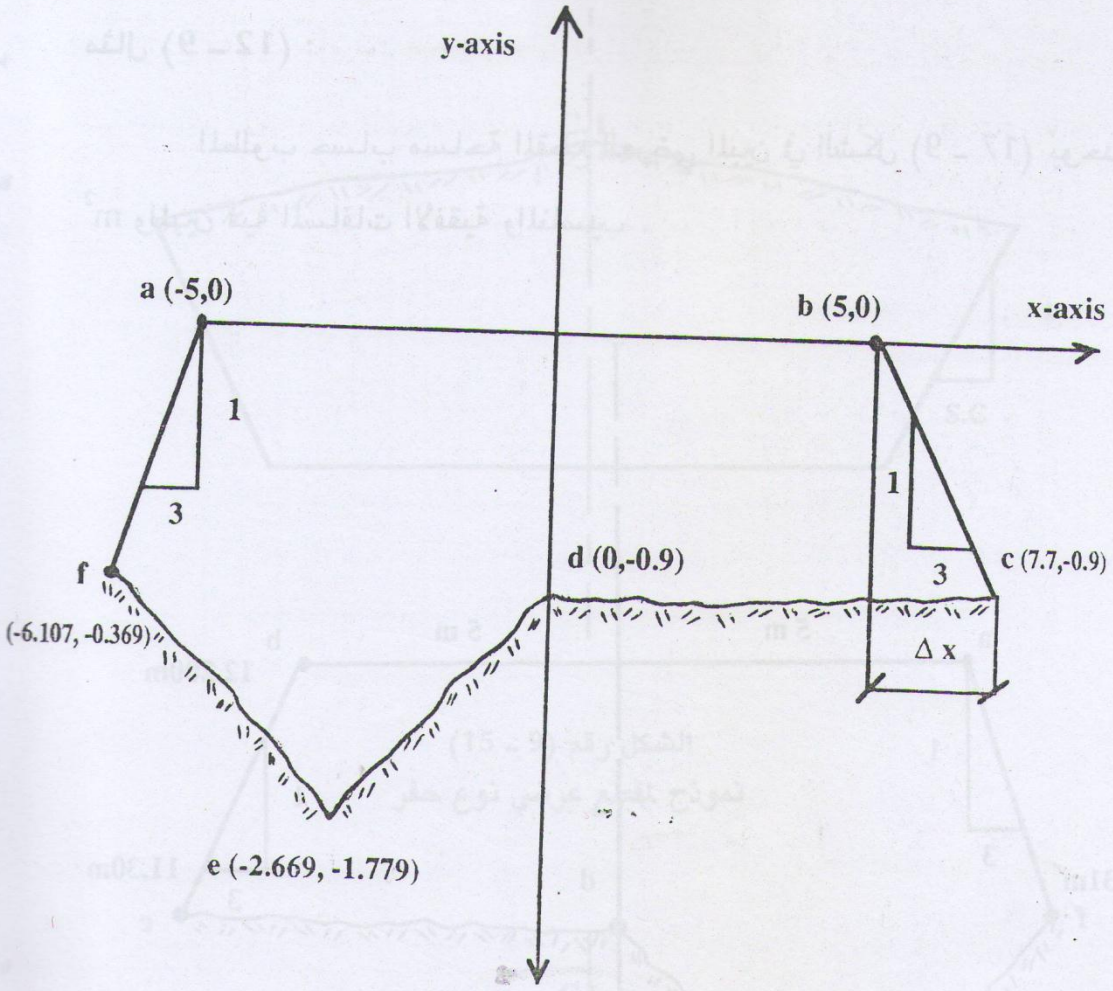
المطلوب حساب مساحة المقطع العرضي المبين في الشكل (9 ـ 17) بوحدات m^2 والمبين فيه المسافات الأفقية والمناسيب .



الشكل رقم (9 ـ 17)

الحـــل :

لغـرض حـساب المساحة عن طريق قانون الاحداثيات نحدد المحور الصادي (y-axis) والمحور السيني (x-axis) وكما في الشكل أدناه :



وتحسب المسافة من المحور y إلى النقطة C من خلال المسافة Δx والمحسوبة من خلالها الانحدار الجانبي للطريق (side slope) حيث أن :

$$\frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{1}{3} = \frac{(12.2 - 11.3)}{\Delta x}, \quad \Delta x = 2.7 \text{ m}$$

$$xc = 2.7 + 5 \text{ m} = 7.7 \text{ m}$$

وبنفس الأسلوب تحسب المسافة من المحور y وحتى f .

$$\frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{1}{3} = \frac{0.369}{\Delta x}$$

$$\Delta x = 1.107 \text{ m}$$

$$xf = -1.107 - 5 = -6.107 \text{ m}$$

ثم تحسب المساحة للمقطع من خلال قانون الاحداثيات :

x	-5	5	7.7	0	-2.669	-6.107	-5
y	0	0	-0.9	-0.9	-1.779	-0.369	0

$$2A = |-1045. - 15.11|$$

$$2A = |\frac{-25.56}{2}|$$

$$A = 12.78\ m^2$$

9 ـ 8 حساب الحجوم بين المقاطع العرضية :

9 ـ 8 ـ 1 قانون متوسط القاعدتين أو قانون معدل المساحتين النهائيتين :

Average End - Area Formula:

بعد حساب مساحة المقاطع العرضية تحسب الحجوم بين المقاطع وحسب نوع المقطع (حفر أو ردم) فإذا كان المقطعين المتتاليين من نفس النوع (الشكل 9 ـ 18) فإن الحجم يحسب باستخدام قانون متوسط القاعدتين حيث أن حجم الردم أو الحفر بين المقطعين :

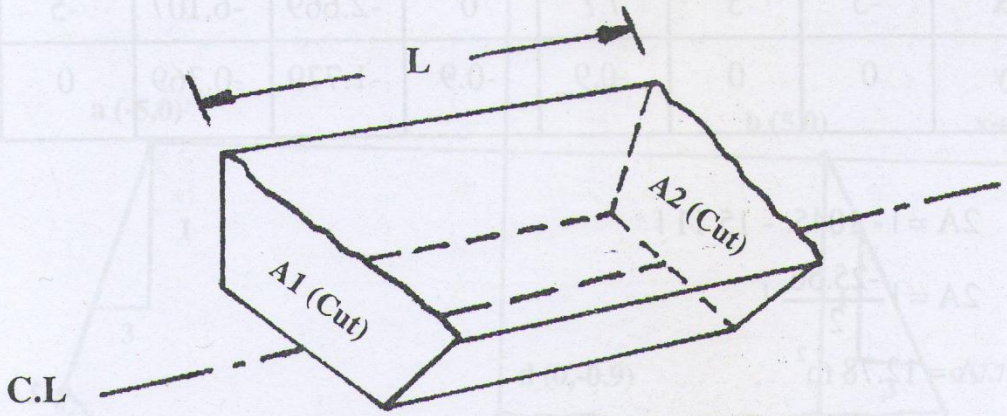
$$V = (\frac{A_1 + A_2}{2}) \times L \qquad \text{..... (9-9)}$$

حيث أن :

A_1 : مساحة المقطع الأول .

A_2 : مساحة المقطع الثاني .

L : المسافة بين المقطعين .



الشكل رقم (9 ـ 18)

وإذا كـان لدينا عدد من المقاطع العرضية المتتالية ومن نفس النوع (حفر أو ردم) فإن الحجم يحسب على النحو التالي :

$$\text{Total } V_{A1\text{-}An} = L\left(\frac{A_1+A_n}{2} + A_2 + A_3 + A_4 + \ldots\ldots + A_{n-1}\right) \ldots\ldots (10\text{-}9)$$

حيث أن :

L : المسافة بين كل مقطعين وهي متماثلة .

A_1 : مساحة المقطع الأول .

A_n : مساحة المقطع الأخير .

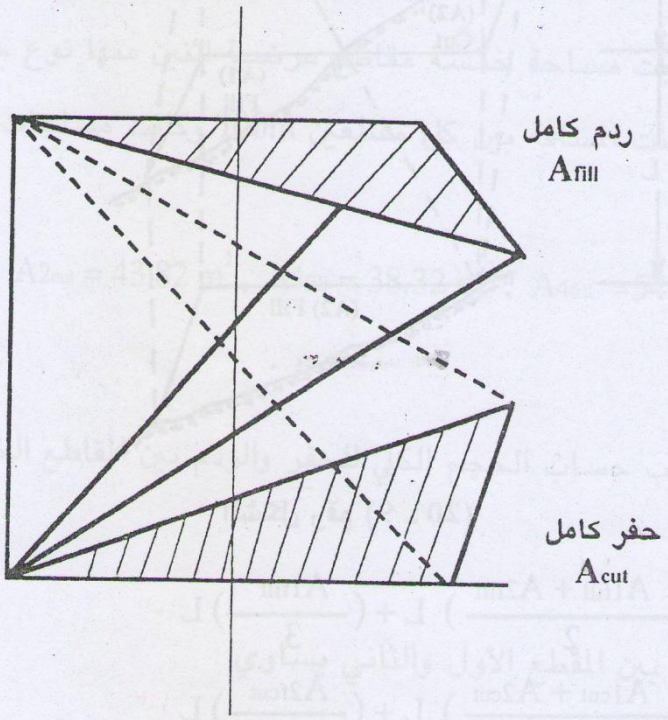
أمـا إذا كان المقطعين العرضيين المتتاليين مختلفين من ناحية النوع أي (حفر ، ردم) أو بالعكس فـعندئذ يحسب الحـجم بين المقطعين على هيئة هرمين احـداهما للحفر والثاني للردم (الشكل رقم 9 ـ 19) .

حيث أن :

$$V_{cut} = \frac{1}{3} \times A_{cut} \times L \quad \text{..... (11-9)}$$

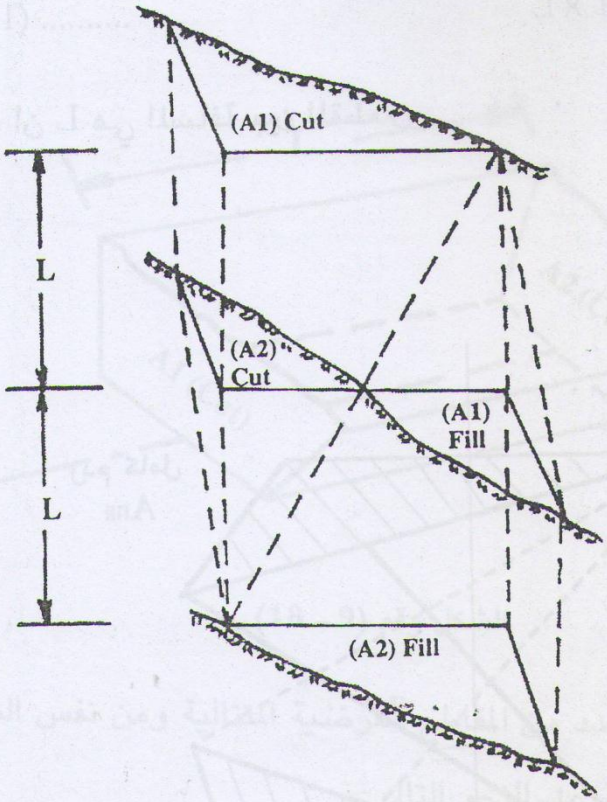
$$V_{fill} = \frac{1}{3} \times A_{fill} \times L \quad \text{..... (12-9)}$$

حيث أن L هي المسافة بين المقطعين :



الشكل رقم (9 ـ 19)

أما اذا كان المقطع العرضي يتكون من حفر وردم في أن واحد ويليه أو يسبقه مقطع اخر حفر أو ردم (الشكل رقم 9 ـ 20) ففي هذه الحالة يحسب الحجم وعلى النحو التالي :



الشكل رقم (9 ـ 20)

$$V_{fill} = \left(\frac{A1_{fill} + A2_{fill}}{2}\right) L + \left(\frac{A1_{fill}}{3}\right) L$$

$$V_{cut} = \left(\frac{A1_{cut} + A2_{cut}}{2}\right) L + \left(\frac{A2_{fcut}}{3}\right) L$$

مثال (9 ـ 13) :

حُسبت مساحة ستة مقاطع عرضية نوع (ردم) لانشاء طريق وكانت على النحو الآتي :

$A_1 = 32.41m^2$, $A_2 = 28.51m^2$, $A_3 = 37.81m^2$, $A_4 = 22.62m^2$, $A_5 = 41.57m^2$, $A_6 = 20.35m^2$

وكانت المسافة بين كل مقطعين 100 m . المطلوب حساب الحجم الكلي للردم بين هذه المقاطع .

الحـــل :

باستخدام القانون رقم (9 ـ 10) يكون الحجم الكلي للردم :

$$\text{Total Volume} = 100 \left(\frac{32.41+20.35}{2} + 28.51 + 37.81 + 22.62 + 41.57 \right)$$

$$= 15689 \text{ m}^3$$

مثال (9 ـ 14) :

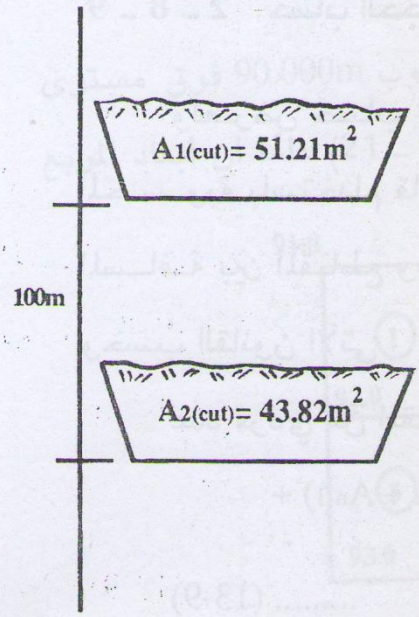
حسبت مساحة خمسة مقاطع عرضية اثنين منها نوع حفر والثلاثة البقية نوع ردم وكانت المسافة بين كل مقطعين 100m وكانت مساحات المقاطع على النحو التالي :

$A1_{cut} = 51.21 \text{ m}^2$, $A2_{cut} = 43.82 \text{ m}^2$, $A3_{fill} = 38.32 \text{ m}^2$, $A4_{fill} = 54.89 \text{ m}^2$, $A5_{fill} = 31.22 \text{ m}^2$

المطلوب حساب الحجم الكلي للحفر والردم بين المقاطع الخمسة .

الحـــل :

حجم الحفر بين المقطع الأول والثاني يساوي :



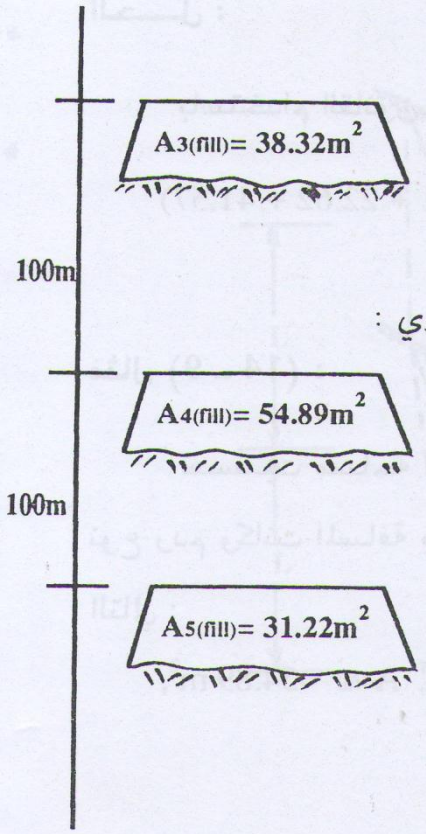
$$V_{cut} = \left(\frac{51.21+43.82}{2} \right) \times 100$$

$$= 4751.5 \text{ m}^3$$

حجم الحفر بين المقطع الثاني والثالث يساوي :

$$V_{cut} = \frac{1}{3} \times 43.82 \times 100$$

$$= 1460.67 \text{ m}^3$$



حجم الردم بين المقطع الثاني والثالث يساوي :

$$V_{fill} = \frac{1}{3} \times 38.32 \times 100$$

$$= 1277.33 \text{ m}^3$$

حجم الردم بين المقطع الثالث والرابع والخامس يساوي :

$$V_{fill} = 100 \left(\frac{38.32+31.22}{2} + 54.89 \right)$$

$$= 8966 \text{ m}^2$$

الحجم الكلي للحفر يساوي :

$$V_{cut} = 4751.51 + 1460.67 = 6212.17 \text{ m}^3$$

الحجم الكلي للردم يساوي :

$$V_{fill} = 1277.33 + 8966 = 10243.33 \text{ m}^3$$

9 ـ 8 ـ 2 حساب الحجوم باستخدام قانون الاسفين الناقص Prismoidal Formula :

ولغرض حساب الحجوم للكميات الترابية بين المقاطع بدقة أكبر من الحجوم المحسوبة باستخدام قانون متوسط القاعدتين تؤخذ عندئذ مقاطع اضافية وتقلل المسافة بين المقاطع ويحسب الحجم الكلي ولعدد فردي من المقاطع العرضية وحسب القانون الآتي :

n = عدد فردي من المقاطع

$$\text{Total vol} = \frac{L}{3}[A_1 + A_n + 4(A_2 + A_4 + \ldots\ldots + A_{n-1}) +$$

$$2(A_3 + A_5 + \ldots\ldots + A_{n-2})] \qquad \ldots\ldots\ldots (13\text{-}9)$$