$$\text{المسافة الحقيقية} = \frac{\text{طول المسافة المقيسة} \times \text{طول الاداة المستخدمة}}{\text{طول الاداة القياسي}}$$

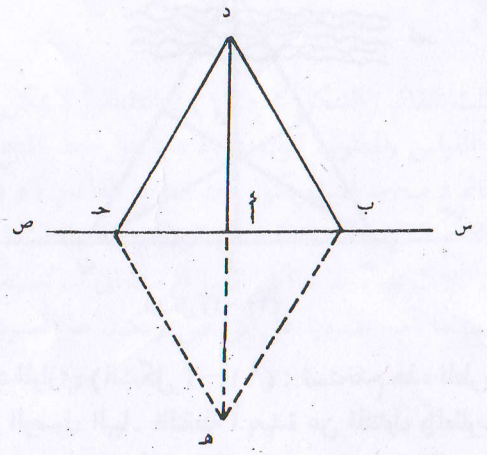
وهناك اخطاء اخرى من النوع التعويضي (العرضي) تكون نتائجها زيادة او نقصان بالمقارنة بالنتيجة الحقيقية فتعمل بذلك على تعويض بعضها بالبعض الآخر مما قد يؤدي الى حصول نوع من الموازنة باتجاه صحة النتيجة النهائية للقياس.

## الأعمدة Perpendiculars

تحتاج عمليات المسح في مراحلها التنفيذية المختلفة الى اقامة الاعمدة أو اسقاطها. وهي عملية تهدف الى تكوين زاوية قائمة بين نقطة وخط. فإقامة العمود يكون من نقطة واقعة على خط باتجاه معين وانزال العمود يكون من نقطة خارجية باتجاه خط معلوم. أما كيفية تكوين الزاوية القائمة فيكون الآتي :

### أ- طرق اقامة الأعمدة

١- طريقة الشريط (الشكل ٢ - ٥) : نختار النقطتين ب ، جـ على خط المسح س ص المطلوب اقامة عمود عليه من نقطة أ بحيث تكون ب أ= جـ أ. نثبت بداية الشريط عند نقطة ب ونهايته عند نقطة جـ (يستخدم طول معلوم من الشريط عادة) ونسحب الشريط على الأرض من منتصفه تماماً بحيث يكون متوتراً فتكون

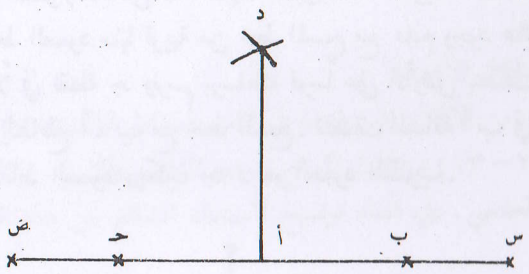



الشكل (٢ - ٥)



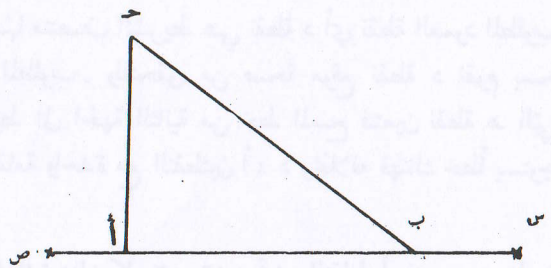
النقطة التي يعينها منتصف الشريط هي نقطة د أي نقطة العمود المطلوب ويكون أ د هو العمود المطلوب. وللتحقق من صحة موقع نقطة د نقوم بسحب نقطة منتصف الشريط الى الجهة الثانية من خط المسح فتتعين نقطة هـ التي يجب أن تكون على استقامة واحدة مع النقطتين أ ، د وبخلافه فهناك خطأ يستوجب اعادة العمل.

٢- طريقة قوسي الدائرة (الشكل ٢ - ٦) : تحدد النقاط أ ، ب ، جـ على خط المسح كما في الطريقة السابقة. ثم نرسم من ب ، جـ قوسي دائرة متساويين في الطول ونحدد نقطة تقاطعهما في د. نصل نقطة د بنقطة أ فيكون الخط الناتج هو العمود المطلوب.




الشكل (٢ - ٦)

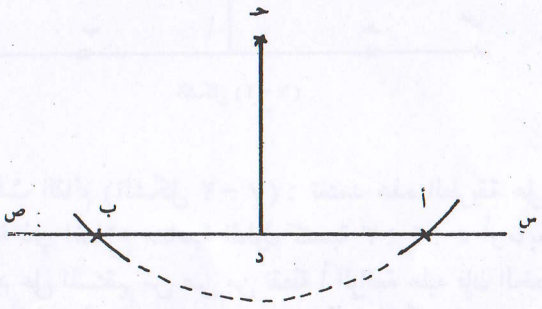
٣- طريقة المثلث القائم (الشكل ٢ - ٧) : تعتمد هذه الطريقة على تشكيل مثلث قائم الزاوية ذي اضلاع متناسبة الطول كنسبة ٣ : ٤ : ٥ أو ما يعادلها. فلو اردنا اقامة عمود على المستقيم س ص من نقطة أ الواقعة عليه فإن الخطوة الاولى تكون بتحديد طول أحد أضلاع المثلث القائم (٤ أمتار مثلاً) على امتداد س ص اعتباراً من نقطة أ. ثم نأخذ من الشريط مسافة تعادل طول الضلع القائم الثاني (٣ أمتار) وطول الوتر (٥ أمتار) ونضع حلقة الشريط عند نقطة أ والاشارة التي تدل على المسافة ٨ أمتار نحو نقطة ب ونشد الشريط من اشارة الرقم ٣ نحو جهة اقامة العمود المطلوبة فنحصل بذلك على العمود أ جـ. ومن الجدير بالذكر أن نقطة نهاية العمود (نقطة جـ) يمكن تحديدها من تقاطع قوسين على الأرض أحدهما من نقطة أ بطول ٣ أمتار والآخر بطول ٥ أمتار من نقطة ب.




الشكل (٢ – ٧)

**ب – طرق اسقاط الأعمدة**

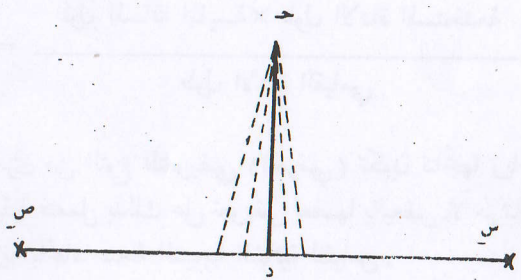
١ – طريقة نصف القطر (الشكل ٢ – ٨) : تطبق هذه الطريقة عندما تكون النقطة المطلوب اسقاط العمود منها قريبة من خط المسح مع عدم وجود عائق بينها. نركز شريطاً أو حبلاً في نقطة جـ ونرسم بوساطته قوساً على الأرض بنصف قطر مناسب لتعيين نقطتي التقاطع أ ، ب مع خط المسح. ننصف المسافة أ ب في نقطة د التي هي احدى نقاط العمود ويكون جـ د هو العمود المطلوب.




الشكل (٢ – ٨)

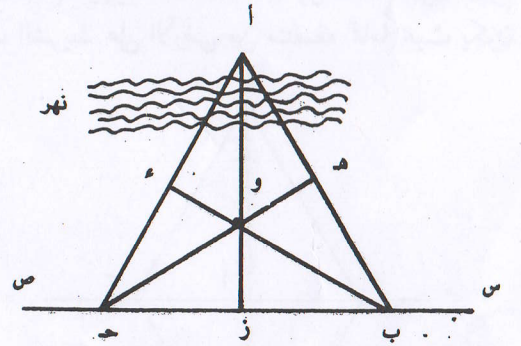
٢ – طريقة أقصر بعد (الشكل ٢ – ٩) : لاسقاط عمود من نقطة جـ الواقعة على خط المسح س ص ، نضع بداية الشريط على نقطة جـ ونفتح مسافة منه الى خط المسح س ص ثم نتحرك بالشريط وهو مشدود الى امتداد المسح ونلاحظ قراءات الشريط عند تقاطعه مع خط المسح. فأقل قراءة للشريط عند التقاطع هي طول العمود أي أن نقطة د هي نقطة نهاية العمود النازل من نقطة جـ على خط المسح س ص.






الشكل (٢ – ٩)

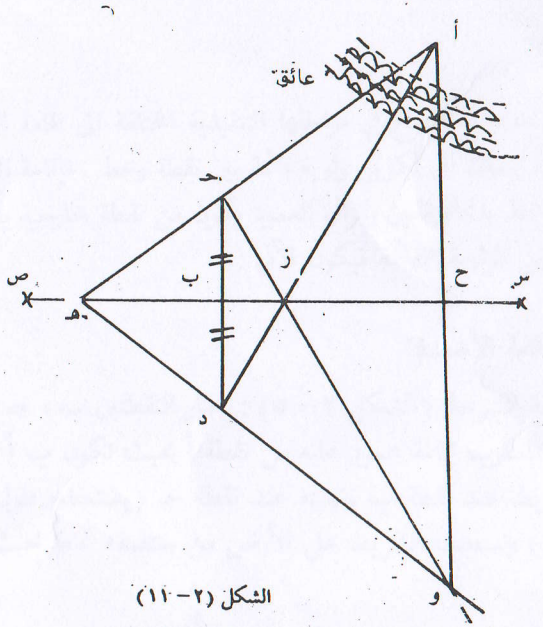
٣ – طريقة العمود النازل (الشكل ٢ – ١٠) : النقطة أ تقع عبر أحد العوائق (نهر مثلاً) والمطلوب اسقاط عمود منها على خط المسح س ص الموجود على الجهة الثانية من العائق. نعين أي نقطتين على خط المسح مثل ب ، جـ ثم نسقط العمودين ب د ، جـ هـ على ضلعي المثلث جـ أ ، ب أ على التوالي. نعين نقطة تقاطع هذين العمودين في نقطة و. وحسب نظرية الهندسة المستوية (الاعمدة النازلة من رؤوس المثلث على اضلاعه المقابلة تتقاطع جميعاً في نقطة واحدة) تكون هذه النقطة هي محل تقاطع هذه الاعمدة في المثلث أ ب جـ. وبذلك يكون أ و وامتداده الى نقطة ز عموداً على الضلع ب جـ أو بعبارة أخرى على خط المسح س ص.




الشكل (٢ – ١٠)

٤ – طريقة العمود الموازي (الشكل ٢ – ١١) : تستخدم هذه الطريقة في حالة النقاط التي لا يمكن الوصول اليها. فالنقطة أ بعيدة عن المتناول والمطلوب انزال عمود منها على خط المسح س ص. نختار نقطة مثل ب على خط المسح س ص ونرسم منها

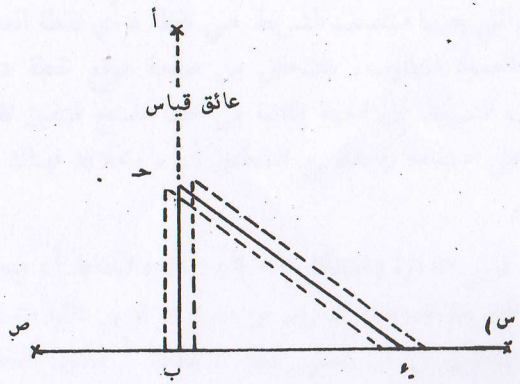
العمود ب ج ثم نمده من الجهة الثانية لخط المسح الى نقطة د بحيث يكون ب ج = ب د. نصل نقطة أ بنقطة ج ونمد الخط الى ان يقطع س ص في نقطة هـ ثم نصل بين نقطة أ ونقطة د فنحصل بذلك على تقاطع آخر مع س ص في نقطة ز. نصل بين ج ، ز وكذلك بين هـ ، د ونمد الخطين على استقامتها الى ان يتقاطعا في نقطة و. وبهذا يكون أ و عمود على س ص. ويقطعه في نقطة ح وهو العمود المطلوب.




الشكل (٢ – ١١)

٥ – طريقة تحريك المثلث القائم (الشكل ٢ – ١٢) : النقطة أ لا يمكن الوصول اليها لوجود عائق يمنع القياس والمطلوب انزال عمود منها على خط المسح س ص. نقوم بتشكيل المثلث القائم د ب ج بحيث يكون احد ضلعيه القائمين (د ب) على خط المسح س ص والضلع القائم الثاني باتجاه نقطة أ. ثم نقوم بتحريك المثلث الى اليمين او الى اليسار مع رصد النقاط الثلاث ب ، ج ، أ في نفس الوقت الى ان تصبح جميعها على استقامة واحدة فيكون عندها أب عمودياً على س ص ويكون هو العمود المطلوب.

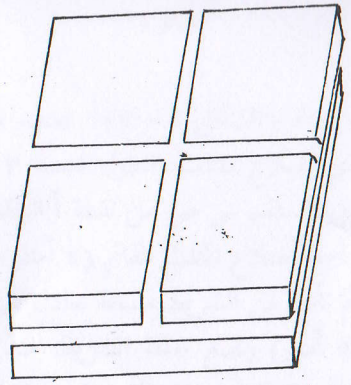





الشكل (٢ – ١٢)

## آلات اقامة وإسقاط الأعمدة

هناك العديد من الآلات المستخدمة في اقامة واسقاط الاعمدة مثل الرأس الخشبي المربع (الشكل ٢ – ١٣) ، المثلث المساح بنوعيه المستدير والمثمن ، والبنتوميتر ، ومسطرة التعامد والمربع العدسي. وفي أدناه توضيح لاستعمال الشائع من هذه الآلات.



الشكل (٢ – ١٣) : آلة الرأس الخشبي المربع

١ – طريقة مسطرة التعامد cross-head staff : تستعمل هذه الآلة لتحديد زوايا قائمة او مد خطوط على استقامتها فقط وذلك لفقدان التدريجات عليها وهي عبارة عن أربعة أذرع افقية متعامد بعضها مع بعض كما في الشكل (٢ – ١٤). ولكل ذراع

القيام بقياسات تضاف الى اعمال القياسات الرئيسة المتمثلة بخطوط المسح. تتم القياسات الاضافية بموجب النظامين الآتيين :

١ – المساقط العمودية off–sets : وهي القياسات التي تكون بزاوية قائمة مع خط المسح وتكون قصيرة نسبياً.

٢ – خطوط الربط tie line : وهي القياسات التي تكون بزاوية مائلة مع خط المسح. ويزيد طولها على طول المساقط العمودية عادة.

يختلف عدد المساقط العمودية وخطوط الربط التي يتوجب قياسها حسب طبيعة المعلم الأرضي المطلوب بيانه وكما يأتي :

أ – معلم ذو خطوط مستقيمة : نعين بدقة موقعي نهايتي الخط المستقيم اللتين ترتبطان معاً لتمثيل المعلم. وان قياس مساقط اخرى لا يقدم معلومات اضافية لكنه يفيد كدليل للتحقق من دقة العمل.

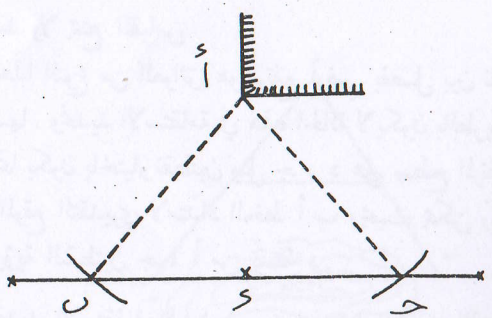
ب – معلم ذو خطوط منكسرة : يؤخذ قياس واحد نحو كل نقطة تمثل حداً لتغير متميز في اتجاه خط المعلم. فضلاً عن بداية الخط الاول ونهاية الخط الأخير.

جـ – معلم ذو خطوط منتظمة الانحناء : يؤخذ عدد مناسب من القياسات على مسافات منتظمة.

د – معلم ذو خطوط متعرجة : ان خبرة وتقدير القائم بالعمل هما اللتان تحددان عدد القياسات الضرورية حسب نوع المعلم حيث نحتاج الى عدد اقل من القياسات عند مسح المعالم ذات الحدود غير الواضحة كحوافي الغابات وخطوط الشواطىء. وهنا يكون لمقياس الرسم تأثير على النتيجة ولذلك يجب اخذه بالحسبان عند تقدير عدد القياسات الضرورية.

بصورة عامة يعتمد طول قياس المسقط العمودي أو خط الربط على مقياس الرسم وعلى طبيعة المعلم الذي يجري قياسه. ولكن بشكل عام يكون خط الربط اطول من المسقط العمودي. لقد وجد عملياً ان الموضع الذي يكون فيه الشريط عمودياً على خط المسح يمكن ان يحكم عليه بالعين المجردة بدرجة ضبط مقدارها ٥٪ من طول المسقط. وعليه، فعند المسح لاقرب دسمتر، فإن المساقط التي يزيد طولها عن مترين يجب ان تضبط مواقعها بخطوط الربط او بتشكيل مثلثات متساوية الساقين وتدوين نقطة منتصف قاعدة المثلث كما في الشكل (٢ – ٢٥).






الشكل (٢ – ٢٥)

يفضل استخدام المربع العدسي، في حالة المساقط الطويلة، على قياس عدد من خطوط الربط التي تتطلب وقتاً وجهداً اكبر وتجعل دفتر الحقل مزدحماً بالأرقام والبيانات. اما مساقط الابنية فتوجه لها عناية خاصة. فإذا كانت الأركان مستطيلة فمن الممكن اخذ الاركان المهمة واضافة الابعاد الحقيقية بين الاركان المختلفة الى اطوال المساقط المقاسة. ويلاحظ ان اركان الابنية قد تكون لها زاوية قائمة او غير قائمة وهي مسألة ينبغي ملاحظتها والتصرف بموجبها عند تنفيذ العمل.

تنقل بيانات المساقط وخطوط الربط الى الخارطة بتأشير نقاطها على خطوط المسح ورسم اطوالها الصحيحة ثم الربط بين النهايات للحصول على الشكل الصحيح للمعلم. وهنا يجب الانتباه والدقة لضمان عدم ارتكاب واحد او اكثر من الاخطاء الآتية :

أ – رسم النقطة من غير موقعها او من جهة مغلوطة على خط القياس.

ب – حذف او نسيان عدد من المسافات المقيسة.

جـ – الرسم من نهاية الخط غير الصحيحة مثل استخدام البداية بدل النهاية والعكس صحيح.

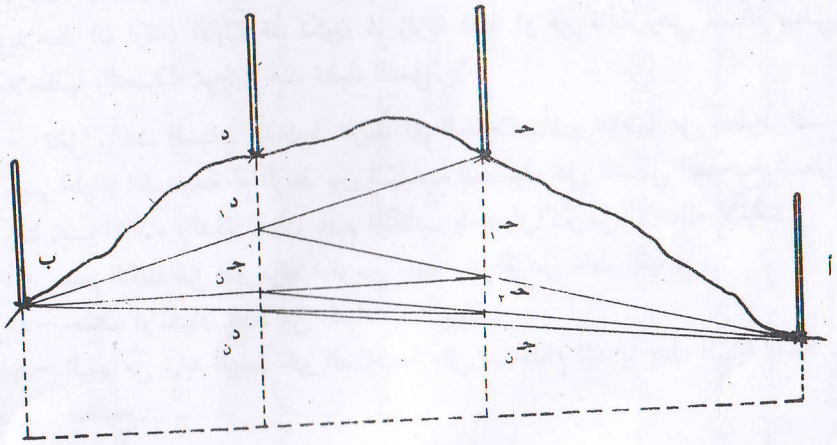
## قياس المسافات عبر العوائق

من المعلوم ان ايجاد طول مسافة معينة يكون بتحديد استقامتها اولاً ومن ثم قياسها وعندما يتعذر تنفيذ احدى هاتين الخطوتين، نتيجة لوجود بعض العوائق بين نقطة بداية المسافة ونهايتها، تلجأ الى قياس مسافة بديلة للمسافة التي يمثلها العائق ومكافئة لها. ان عملية قياس المسافة البديلة تختلف حسب نوع العائق وظروف العمل ويمكن تقسيمها الى الانواع الآتية :

### أ- عائق يمنع الرصد ولا يمنع القياس

خير مثال على هذا النوع من العوائق هو مرتفع ارضي يفصل بين نقطتي بداية ونهاية المسافة المطلوب قياسها. وتحديد الاستقامة في هذه الحالة لا يكون بالطريقة المعتادة بسبب وجود هذا العائق وانما يكون باختيار نقطتين مثل جـ ، د على سطح المرتفع الأرضي بحيث تكونان قريبتين من الموقع التقديري لامتداد الخط أ ب وبحيث يمكن رؤية النقطتين د ، ب من نقطة جـ ورؤية النقطتين جـ ، أ من نقطة د.

تحتاج عملية تحديد الاستقامة الى شخصين احدهما الراصد الذي يكون عند جـ والآخر هو المساعد الذي يكون عند الشاخص د. يبدأ الراصد بتوجيه المساعد لتحريك الشاخص د الى موقع جديد (د١) يكون فيه على استقامة واحدة مع جـ ، ب. وتكون الخطوة التالية بقيام المساعد من موقعه الجديد في (د١) بتوجيه الراصد الى موقع جديد (جـ١) يكون فيه على استقامة واحدة مع د١ ، أ.




الشكل (٢ - ٢٦)

وهكذا تتكرر خطوات الرصد بالتبادل بين الراصد ومساعده الى ان يصبحا في موقعين يكونان فيها على استقامة واحدة مع نقطتي البداية والنهاية وهذا يحصل عندما نتوصل الى حالة تكون فيها النقاط جـن ، دن ، ب على استقامة واحدة في الوقت الذي تكون فيه النقاط دن ، جـن ، أ على استقامة واحدة ايضاً. او بعبارة اخرى عندما تصبح النقطتان جـن ، دن مشتركتين مع الخطين المستقيمين الصادرين من أ ، ب كل منها باتجاه الآخر.

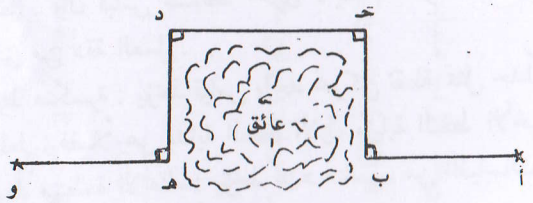
بعد الانتهاء من تحديد الاستقامة تجري عملية القياس للمسافة الافقية المحصورة بين النقطتين أ ، ب باحدى الطرق التي سبق ذكرها.



### ب- عائق يمنع القياس ولا يمنع الرصد ويمكن الالتفاف حوله

تدخل الحفر الواسعة والبحيرات الصغيرة وحوافي البحيرات الكبيرة والبرك تحت هذا النوع من العوائق ويمكن معالجتها بعدة طرق نذكر منها :

١- في الشكل (٢ - ٢٧) : لا يمكن قياس المسافة ب هـ بالطريقة الاعتيادية بسبب وجود العائق. ولذلك نقيم من نقطة ب عموداً نمده على استقامته الى نقطة جـ بحيث يتجاوز حدود العائق. ثم نقيم عموداً آخر على ب جـ من نقطة جـ باتجاه خط القياس ونمده الى نقطة د بحيث يتجاوز حدود العائق بهذا الاتجاه. وهنا نقوم باقامة عمود من نقطة د بحيث يكون مساوياً للعمود ب جـ وللتأكد من صحة تنفيذ العمل نقوم برصد النقاط ب ، هـ ، و فإذا كانت على استقامة واحدة فمعنى ذلك ان موقع نقطة هـ صحيح ، وبالتالي يمكن الاستمرار بالقياس منها ولغاية الوصول الى نقطة النهاية وتكون المسافة أو= أ ب+جـ د (يقاس عوضاً عن ب هـ)+هـ و.

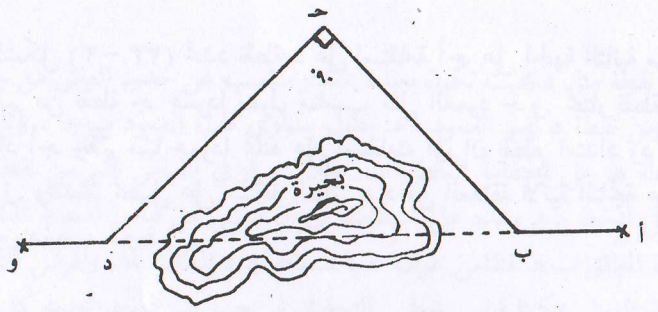



الشكل (٢ - ٢٧)

٢- في الشكل (٢ - ٢٨) نبدأ بالقياس من نقطة أ، حتى الوصول الى نقطه قريبة من حدود العائق مثل نقطة ب ، حيث ينحرف خط القياس بحيث يتجاوز حدود العائق. نختار نقطة مناسبة على الاتجاه الجديد مثل نقطة جـ بحيث لو رسم منها عمود فإن امتداده يتجاوز حدود العائق ليتصل مع امتداد خط القياس من جهة العائق الثانية وبذلك يتم تحديد موقع نقطة د على العمود المقام من نقطة جـ وتكون د على استقامة واحدة مع النقطتين أ ، ب. بهذا يتكون لدينا مثلث قائم الزاوية نتمكن بواسطة علاقات اطوال اضلاعه من ايجاد طول مسافة العائق ب د التي تساوي :

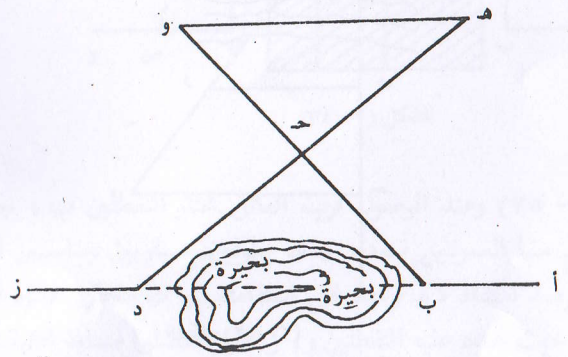
$$ب د = \sqrt{ب جـ^{٢} + جـ د^{٢}}$$

ثم نكمل القياس من د الى و ونوجد طول المسافة الكلية.




الشكل (٢ – ٢٨)

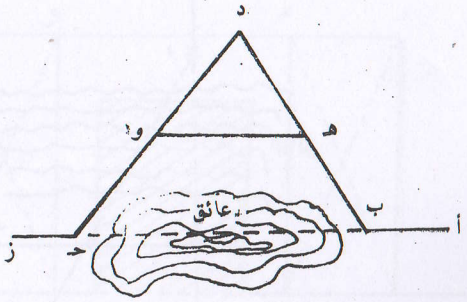
٣– في الشكل (٢ – ٢٩) وبعد الوصول الى نقطة ب القريبة من العائق ننحرف بالقياس من جانب العائق حيث نحدد نقطة جـ ونضاعف المسافة ب جـ على امتدادها الى نقطة و. نصل نقطة جـ بنقطة د الواقعة على امتداد اب ونضاعف المسافة دجـ الى نقطة هـ. نقيس المسافة هـ و المكافئة لمسافة العائق ب د ونجمعها مع المسافتين أب ، د ز لنحصل على المسافة الكلية. ومن الجدير بالذكر ان المسافتين ب جـ ، دجـ قد تكونان متساويتين او مختلفتين.




الشكل (٢ – ٢٩)

٤– في الشكل (٢ – ٣٠) نقوم بتحديد نقطة جـ على امتداد أب وعلى الجهة الثانية من العائق. ثم نحدد تلاقي الاتجاهين المتعاكسين اللذين يلتقيان في نقطة د. نصل منتصف ب د (نقطة هـ) بمنتصف جـ د (نقطة و) فيكون المستقيم الناتج هـ و مساوياً لنصف مسافة العائق ب جـ. ومن مضاعفته ينتج لدينا مسافة العائق المطلوبة التي نجمعها مع المسافتين أب ، جـ ز للحصول على المسافة الكلية.






الشكل (٢ – ٣٠)

**جـ – عائق يمنع القياس ولا يمنع الرصد ولا يمكن الالتفاف حوله**

تنطبق هذه الظروف على حالة النهر او المجرى المائي او الحفر الخندقية وتعالج عملية قياس مسافة العائق بالصيغ الآتية :

١– في الشكل (٢ – ٣١) لدينا النقطة جـ تمثل الحد الذي وصل اليه القياس وتوقف بسبب العائق. نثبت شاخص في نقطة د على استقامة جـ أ اذا كان لدينا امكانية لعبور العائق الى الجهة الثانية. واذا لم يكن لدينا امكانية الوصول الى الجهة الثانية ففي هذه الحالة نختار نقطة د على استقامة أجـ على الجهة الثانية من العائق والتي هي بمثابة صخرة بارزة او نبات متميز في المنطقة او اي معلم آخر تنطبق عليه استقامة أجـ. من نقطة جـ نقيم العمود جـ هـ بطول مناسب وننصفه في نقطة و (او نقيم العمود جـ و ونمده لمسافة ضعف طوله الى نقطة هـ وهو الافضل لضمان عدم تشكيل مثلثات متطاولة الشكل). ثم نقيم العمود هـ ز ونحدد نقطة على استقامته تكون في نفس الوقت على استقامة واحدة مع ود مثل نقطة ح. في هذه الحالة يتكون لدينا المثلثان جـ دو. هـ ح و وفيها :

∢ ح هـ و = ∢ دجـ و زاويتان قائمتان بالعمل

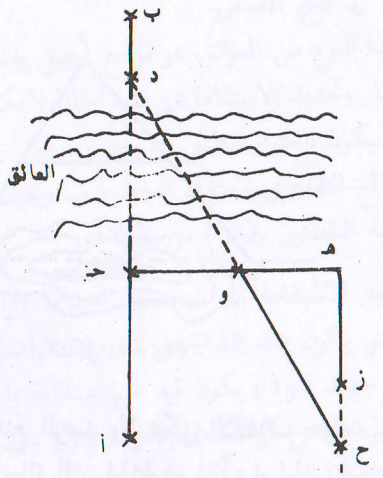
. ∢ هـ و ح = ∢ جـ ود زاويتان متقابلتان بالرأس

الضلع جـ و = الضلع هـ و بالعمل

. . يتطابق المثلثان لتساوي زاويتين وضلع من احدهما ، مع زاويتين وضلع من الآخر وينتج عن ذلك أن :

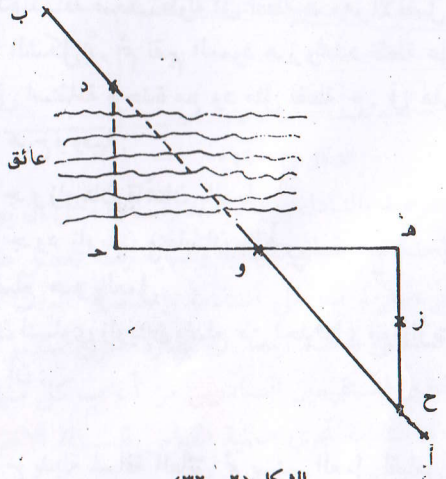
هـ ح = جـ د

نقيس المسافة هـ ح بديلة لمسافة العائق ثم يستمر العمل لقياس ما تبقى من المسافة المطلوبة.




الشكل (٢- ٣١)

٢- في الشكل (٢- ٣٢) وبعد تحديد نقطة د على استقامة أو وعلى الجهة الثانية من العائق نقوم بالسير من نقطة (و) بمحاذاة امتداد العائق الى ان يتكون لدينا المثلث القائم وجـ د. عندئذ نقيس طول جـ و ونمده على استقامته الى نقطة هـ بحيث يكون هـ و يساوي جـ و. ثم نقيم العمود هـ ز من نقطة هـ ونمده على استقامته الى ان يقطع المستقيم أو في نقطة مثل ح. نقيس المسافة حـ و التي تكون مكافئة لمسافة العائق ود وذلك من تطابق المثلثين حـ هـ و، وحـ د لنفس الاسباب الواردة في الطريقة السابقة.




الشكل (٢- ٣٢)

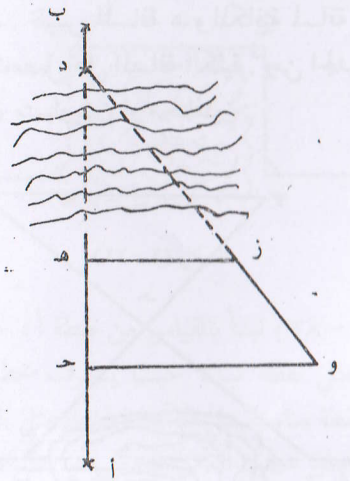


٣- في الشكل (٢- ٣٣) نحدد نقطة د على استقامة أجـ على الجهة الثانية من العائق ثم نقيم من نقطة جـ عموداً بطول مناسب مثل العمود جـ و. نختار نقطة هـ على امتداد أجـ ونقيم منها عموداً نمده على استقامته الى ان يقطع امتداد ود في نقطة مثل ز. وعندئذ نحصل على مسافة العائق هـ د من العلاقة الآتية الناتجة عن تشابه المثلثين دزهـ ، دوجـ.

$$هـ د = \frac{جـ هـ \times هـ ز}{جـ و - هـ ز}$$

(اذا وازى مستقيم احد اضلاع مثلث وقطع الضلعين الآخرين فإنه يقسمهما الى اجزاء متناسبة ويتشابه المثلثان).

ثم نكمل عملية القياس حتى نصل الى نقطة نهاية المسافة المطلوبة.



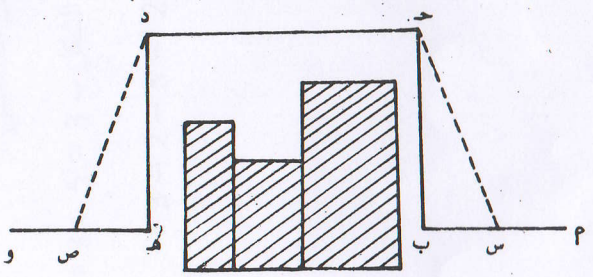

الشكل (٢- ٣٣)

### د- عائق يمنع القياس ويمنع الرصد

يتشكل هذا النوع من العوائق عندما يتقاطع خط القياس مع بناية او صخرة بارزة لا يمكن ارتقاؤها او السير عليها وتعالج عملية القياس باحدى الصيغتين الآتيتين:

١- عند الوصول بالقياس من نقطة أ الى نقطة ب في شكل (٢- ٣٤) نقيم منها عموداً على الخط أب ونعين على هذا العمود او على امتداده نقطة مثل جـ بحيث تكون متجاوزة لحدود العائق. ثم نقيم من جـ عموداً على الخط ب جـ ونعين عليه او على

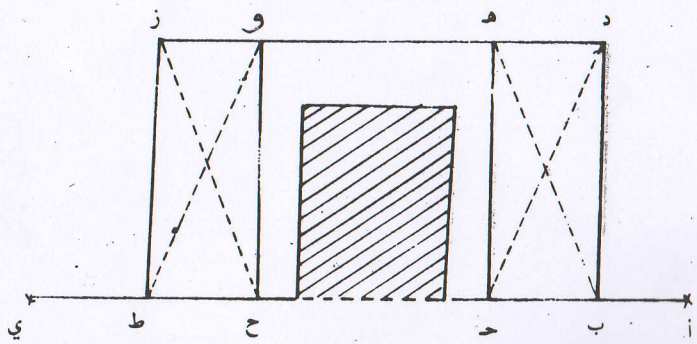
استقامته نقطة مثل د بحيث تكون بعيدة بمقدار مناسب عن حدود العائق من جهته الثانية. ومن نقطة د نقيم العمود د هـ بطول يساوي طول العمود ب جـ ، وبذلك تكون نقطة هـ على استقامة الخط أب. وللاستمرار في القياس نقيم من نقطة هـ عموداً على الخط د هـ ونمده على استقامته الى ان ننتهي من قياس المسافة المطلوبة اما مسافة العائق ب هـ فتقاس عوضاً عنها المسافة جـ د المكافئة لها. ولغرض التأكد من صحة العمل يمكننا قياس خطي التحقيق س جـ ، ص د بعد تحديد كل من س ، ص ببعد متساوعن النقطتين ب ، هـ وعلى استقامتي أب ، هـ و على التوالي. فإذا تساوى طول س جـ مع طول ص د كان العمل والاتجاه صحيحين وبعكسه يجب اعادة النظر في عملية القياس.




الشكل (٢- ٣٤)

٢- في الشكل (٢- ٣٥) وعند الوصول قرب العائق نختار النقطتين ب ، جـ على امتداد أجـ ونقيم منها العمودين ب د ، جـ هـ بطولين متساويين ومناسبين لتجاوز حدود العائق. نرصد امتداد د هـ ونمده على استقامته الى ان يتجاوز حدود العائق من جهته الثانية حيث نحدد عليه النقطتين و، ز اللتين تفصلها مسافة افقية تعادل المسافة د هـ. عندئذ نقيم من و، ز عمودين هما وح ، زط وبنفس طول العمودين ب د ، جـ هـ وبذلك تكون النقطتان ح ، ط على استقامة واحدة مع أب جـ. نقيس المسافة هـ و عوضاً عن مسافة العائق جـ ح ونستمر بالعمل لاكمال القياس المطلوب. ولغرض التأكد من صحة الاتجاهات ودقة اقامة الاعمدة يمكننا قياس القطرين ب هـ ، جـ د ومقارنة طولهما بنظيريهما ح ز، ط و فإذا تساوت الاطوال كان العمل صحيحاً وبعكسه تتم مراجعة العملية بامعان.






الشكل (٢- ٣٥)