

3- قياس المسافات الأفقية Measurements of Horizontal Distances

احدى العمليات الاساسية في المساحة هي قياس المسافات. تقسم المسافات بشكل عام الى نوعين:

1. المسافة الافقية Horizontal distance.

2. المسافة الشاقولية Vertical distance.

قياس المسافة الشاقولية سوف يتم التطرق له تفصيلاً في موضوع التسوية leveling لاحقاً.

1- 3 طرق قياس المسافة الأفقية

هناك عدد من الطرق المستخدمة لقياس المسافة الافقية، اكثرها شيوعاً:

الاتقان النسبي***

$$\frac{1}{100} \rightarrow \frac{1}{200}$$

$$\frac{1}{100} \rightarrow \frac{1}{200}$$

$$\frac{1}{300} \rightarrow \frac{1}{1000}$$

$$\frac{1}{3000} \rightarrow \frac{1}{9000}$$

$$\frac{1}{3000} \rightarrow \frac{1}{5000} \left[\frac{1}{10000} \right]$$

$$\frac{1}{10000} \rightarrow \frac{1}{30000}$$

$$\text{up to } \frac{1}{50000}$$

$$\frac{1}{300000}$$

1. الخطوات "pacing": تستخدم لغرض الاستطلاع

والقياس التقريبي للمسافة.

2. عداد السيارة، لنفس الغرض اعلاه.

3. التاكيومتري Tacheometry:

أ. "stadia" الستيديا.

ب. ذراع الاسناد Substance bar.

4. شريط القياس Tape:

أ. القياس الاعتيادي ordinary taping.

ب. القياس المتقن Precise taping.

5. المسح التصويري Photogrammetry.

6. اجهزة المسح الالكتروني EDM.

$$\frac{1}{D/\delta_D} = \frac{\delta_D}{D} = \text{Relative Precision " لاي مسافة " النسبي الاتقان النسبي***}$$

3-2 قياس المسافة الأفقية باستخدام شريط القياس Taping

الأدوات الأساسية المستخدمة في قياس المسافة الأفقية باستخدام شريط القياس هي:

1. شريط القياس: "Tape"

هنالك عدد من انواع شريط القياس:

أ. الشريط القماشي: Woven tape

معامل التمدد الحراري "Coefficient of thermal expansion" لهذا النوع عالي، لذا يتأثر بدرجات الحرارة والرطوبة. نتائج القياسات بأستخدام هذا النوع واطئة الاتقان.

ب. الشريط الحديدي Steel tape

معامل التمدد الحراري معتدل (مقبول) لذا يستخدم في القياس الاعتيادي

"ordinary taping" والقياس المتقن "Precise taping".

ج. شريط الانقار Invar tape

مصنوع من سبيكة النحاس والحديد، معامل التمدد الحراري له واطيء، يستخدم في القياسات من الدرجة الاولى (أتقان عالي جداً).

2. الشواخص: Range poles

تستخدم للتوجيه في عملية القياس.

3. النبال: Pins

تستخدم لتثبيت النقاط على الارض.

4. الشاهول: Plumb bob

يكون خيط الشاهول شاقولي اذا ما ترك الشاهول يستقر بحرية. لذا يستخدم الشاهول لاسقاط نقطة (قراءة) في شريط القياس على الارض والعكس صحيح.

5. جهاز تسوية بدوي: Hand level

يستخدم لجعل شريط القياس افقي.

3-2-2 الأخطاء في قياس المسافة الأفقية باستخدام شريط القياس: Errors in Taping

الاعطال: Mistakes

من اهم الاعطال التي تحصل اثناء قياس المسافة باستخدام شريط القياس هي:

1. القراءة المغلوطة للشريط Misreading the tape.
2. التسجيل المغلوط للقراءة .

لذلك يجب تكرار القياس اكثر من مرة واحدة، من اجل اكتشاف القياسات المغلوطة Mistakes وحذفها "ازالتها" (ان وجدت)، اضافة الى الحصول على اتقان افضل عند تكرار القياس عدة مرات.

الاعطاء العشوائية: Random errors

ان الاعطاء العشوائية حاصلة لامحال وكل الذي يمكن عمله هو بذل درجة عالية من العناية اثناء تنفيذ العمل لتقليل الاعطاء العشوائية الى الحد الادنى، من هذه الاعطاء:

1. القراءة غير المضبوطة "Imperfect".
2. التوجيه غير المضبوط .
3. التثبيت غير المضبوط للنبال " Pins".
4. عدم افقية الشريط Tape not horizontal.
5. عدم استقامة الشريط .
6. الاسقاط غير المضبوط لقراءة الشريط على الارض، او العكس، عند استخدام الشاهول " Plumb bob" للقياس في ارض متموجة او مائلة.

الاعطاء المنتظمة: Systematic Eyyor

من اهم الاعطاء المنتظمة التي قد تحصل في قياس المسافة الافقية باستخدام شريط القياس، هي:

1. الطول غير الصحيح للشريط Incorrect tape length

ان طول الشريط الاعتيادي "Nominal length" والمثبت على الشريط (50m, 30m, 20m) يتغير مع الوقت نتيجة تأثر المواد المصنوع منها الشريط بالظروف الجوية، نتيجة لذلك يصبح الطول الحقيقي "Actual length" للشريط اكبر او اصغر بقيمة معينة من طول

الشريط الاعتيادي "Nominal length". ان ذلك يؤدي الى حصول خطأ منتظم في القياس ومن الضروري معرفة قيمة هذا الخطأ وتصحيح القياسات له، وان ذلك يتطلب معايرة الشريط بشكل دوري لمعرفة طوله الحقيقي.

يمكن معايرة "Calibration" الشريط من خلال تثبيت نقطتين على سطح كونكريتي (سطح جيد)، بحيث تمثل المسافة بين النقطتين طول الشريط في وقت تثبيت النقاط ويتم قياس المسافة بشكل دوري لتحديد مقدار التغير في الطول الحقيقي للشريط. يمكن التصحيح لهذا الخطأ المنتظم من خلال تطبيق العلاقة الرياضية:

$$C_d = C_a \times \frac{\text{Measured distance}}{\text{Nominal tape length}}$$

$$\therefore C_d = C_a \times \frac{D}{L_n} \dots\dots [3-1]$$

حيث ان: C_d = مقدار التصحيح للمسافة المقاسة D.

D = المسافة المقاسة "Measured distance"

L_n = الطول العتيادي للشريط "Nominal tape length"

$$C_a = \text{actual tape length} - \text{Nominal tape length}$$

C_a = الطول الحقيقي للشريط - الطول الاعتيادي للشريط

بعد حساب مقدار التصحيح C_d للمسافة المقاسة "D" يتم حساب المسافة \bar{D} المصححة لهذا النوع من الخطأ المنتظم، حيث ان:

$$\bar{D} = D + C_d \dots\dots [3-2]$$

(أ) أستخدم شريط قياس من قبل ثلاث مجاميع من الطلاب لحساب المسافة AB وكان كل من الطول الاعتيادي للشريط (50 متر) والطول الحقيقي له (50.04 متر) والقياسات موضحة أدناه. احسب القيمة الأكثر احتمالاً للمسافة والخطأ القياسي لها.

120.125 m , 120.225 m , 120.205 m

الحل:

$$Cd = Ca * \frac{\text{المقاسه القيمه}}{\text{الطول الاعتيادي}}$$

$$Cd = Ca * \frac{md}{Ln}$$

$$Ca = \text{الطول الحقيقي} - \text{الطول الاعتيادي} = 50.04 - 50 = 0.04 \text{ m}$$

$$Cd1 = 0.04 * \frac{120.125}{50} = 0.096$$

$$Cd2 = 0.04 * \frac{120.225}{50} = 0.096$$

$$Cd3 = 0.04 * \frac{120.205}{50} = 0.096$$

$$D1 \text{ مصحح} = D1 \text{ اصلي} + Cd1 = 120.125 + 0.096 = 120.221 \text{ m}$$

$$D2 \text{ مصحح} = D2 \text{ اصلي} + Cd2 = 120.225 + 0.096 = 120.321 \text{ m}$$

$$D3 \text{ مصحح} = D3 \text{ اصلي} + Cd3 = 120.205 + 0.096 = 120.301 \text{ m}$$

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} Xi}{n} = \frac{120.221 + 120.321 + 120.301}{3} = 120.281 \text{ m}$$

$$\delta_o = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=n} Vi^2}{N-1}} = \pm \sqrt{\frac{-0.06^2 + 0.04^2 + 0.02^2}{3-1}} = \pm 0.053$$

$$V1 = X1 - \bar{X} = 120.221 - 120.281 = -0.06$$

$$V2 = X2 - \bar{X} = 120.321 - 120.281 = 0.04$$

$$V3 = X3 - \bar{X} = 120.301 - 120.281 = 0.02$$

$$\delta_o = \pm \frac{\delta_x}{\sqrt{N}} = \pm \frac{0.053}{\sqrt{3}} = \pm 0.031 \text{ m}$$

$$AB = 120.281 \text{ m} \pm 0.031 \text{ m}$$

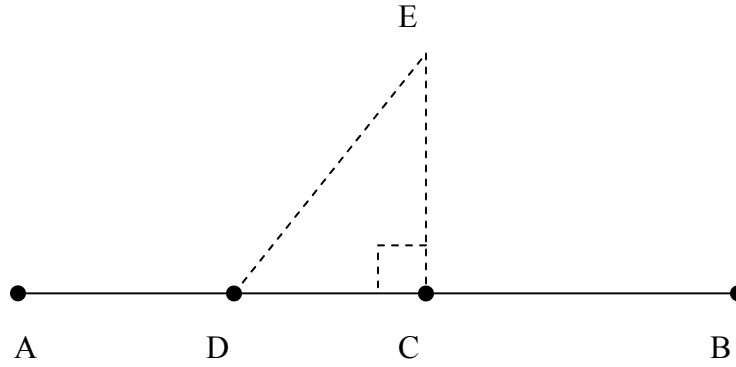
3-3 استخدامات اخرى لشريط القياس " other uses of the tape "

- اضافة الى قياس المسافة الافقية بين نقطتين , هنالك عدد من التطبيقات الاخرى في المساحة بالامكان اجرائها بأستخدام شريط القياس اهمها :
- 1- اقامة عمود على خط مستقيم من نقطة واقعة عليه.
 - 2- اقامة عمود على خط مستقيم من نقطة خارجة عنه.
 - 3- قياس زاوية افقية .
 - 4- اسقاط زاوية افقية .
 - 5- مسح المنشآت (مسح التفاصيل "detail survey").
 - 6- اسقاط المنشآت .

لابد من الاشارة هنا الى انه بالامكان اجراء التطبيقات اعلاه بشكل افضل من حيث اتقان العمل وذلك من خلال استخدام اجهزة متطورة , مثلاً جهاز الثيودلايت " theodolite " والجهاز الالكتروني لقياس المسافة "EDM" الا انه في حالة طلب اجراء التطبيقات اعلاه مع عدم توفر الاجهزة اعلاه ولا توجد امكانية لشرائها (او لا توجد ضرورة لشرائها) , وبالامكان توفير شريط قياس لكون كلفته بسيطة , فكيف يتم اجراء التطبيقات اعلاه بأستخدام شريط القياس فقط ؟ هذا ماسوف يتم شرحه بأيجاز بالفقرات الآتية:-

1- اقامة عمود على خط مستقيم من نقطة واقعة عليه:-

في هذا التطبيق النقاط A,B اللتان تمثلان بداية ونهاية الخط المستقيم AB مثبتتان على الارض. النقطة C والواقعة على الخط المستقيم AB مثبتة ايضا على الارض , المطلوب هو اقامة عمود على AB من نقطة C باستخدام شريط القياس (شكل 3-5)



شكل (3-5) اقامة عمود على خط مستقيم من نقطة واقعة عليه

خطوات العمل :-

بالامكان تنفيذ العمل من قبل مجموعة تتألف من ثلاثة اشخاص وبتطبيق القاعدة [3-4-5] , اي انه :-

$$DE^2 = CE^2 + CD^2$$

وعلى النحو الآتي :-

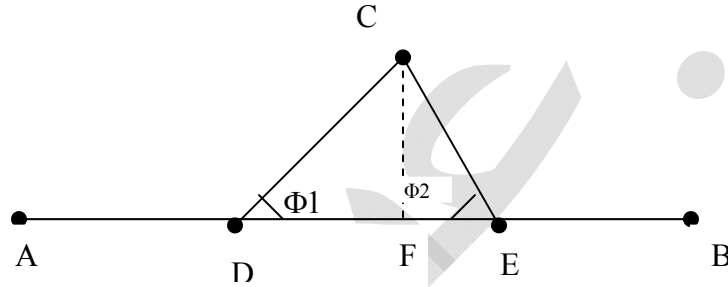
1- يتم تثبيت نقطة D على الخط المستقيم AB تبعد مسافة معينة من نقطة C , ولتكن (3m) .

- 2- يمسك الشخص الاول بداية الشريط (قراءة 0m) بصورة جيدة في نقطة C .
- 3- يمسك الشخص الثاني الشريط عند القراءة (9m) بصورة جيدة في نقطة D.
- 4- يمسك الشخص الثالث الشريط عند القراءة (4m) بصورة جيدة ويتحرك على الارض الى ان يتم عمل المثلث الاقوي CDE في الطبيعة , عند ذلك وتبسيط شد جيد على شريط القياس يتم تثبيت نقطة E على الارض . وبهذا يكون الخط EC عمودي على الخط المستقيم AB (و.ه.م).

2- اقامة عمود على خط مستقيم من نقطة خارجة عنه :-

في هذا التطبيق النفاط B,A [الشكل (6-3) ادناه] والتي تمثل بداية ونهاية الخط المستقيم AB مثبتة في الموقع، نقطة C مثبتة ايضاً في الموقع.

المطلوب هو اقامة عمود من نقطة C على الخط المستقيم AB باستخدام شريط القياس .



شكل (3-6) اقامة عمود على خط مستقيم من نقطة خارجة عنه

خطوات العمل :-

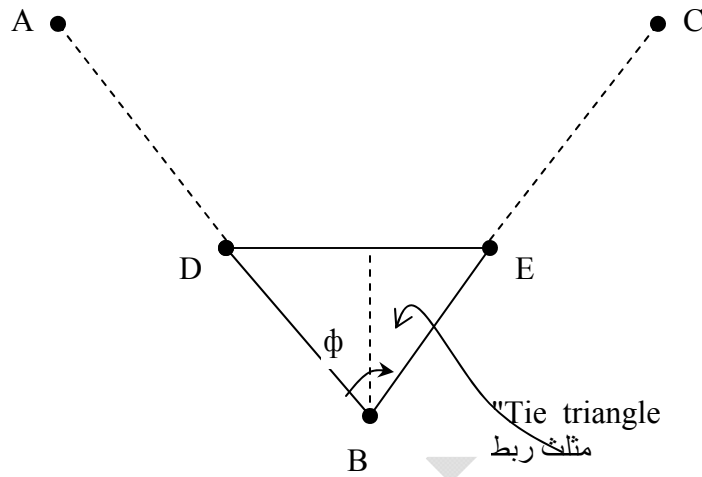
- 1- بالامكان تنفيذ العمل من قبل مجموعة تتألف من شخصين وعلى النحو الاتي :-
يتم تثبيت النقط D,E في مواقع مناسبة على الخط المستقيم AB , بحيث تقع إحدى النقطتين (نقطة E) في الجهة اليمنى من الموقع المتوقع للعمود (CF) والأخرى (نقطة D) في الجهة اليسرى , أي ان الزاويتين Φ_1 , Φ_2 عبارة عن زوايا حادة .
- 2- يتم قياس أضلاع المثلث CDE (CD, CE, DE) باستخدام شريط القياس .
- 3- يتم حساب احدى الزاويتين Φ_1 او Φ_2 من خلال تطبيق العلاقة المثلثية الآتية :-

$$\cos \phi_1 = \frac{CD^2 + DE^2 - CE^2}{2 * CD * DE}$$

- 4- يتم حساب طول DF , حيث أن:
 $DF = CD * \cos \phi_1$
- 5- تثبيت نقطة F في الموقع من خلال قياس المسافة DF على أمتداد الخط المستقيم AB. وبهذا يكون الخط CF عمودي على الخط المستقيم AB (و.ه.م).

3- قياس زاوية افقية:-

في هذا التطبيق , النقاط C,B,A [شكل (3-7)] مثبتة في الموقع. والمطلوب هو قياس الزاوية الافقية Φ باستخدام شريط القياس.



شكل (3-7) قياس الزاوية الافقية باستخدام شريط القياس

خطوات العمل:-

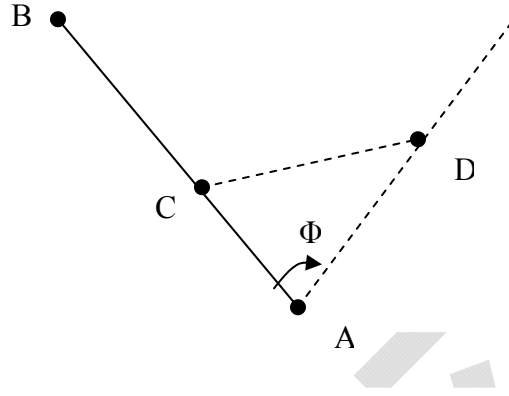
- 1- بالامكان تنفيذ العمل من قبل مجموعة تتألف من شخصين وعلى النحو الاتي :-
 يمكن قياس الزاوية الافقية Φ باستخدام شريط القياس من خلال عمل مثلث ربط "Tie triangle" وعلى النحو الآتي:
- 1- تثبيت النقطة D على الخط المستقيم AB وتبعد مسافة معينة من B ولتكن (1m) (DB=1m).
- 2- وب نفس الأسلوب يتم تثبيت نقطة E على الخط المستقيم BC وتبعد بمسافة من B مساوية الى المسافة DB ولتكن (1m) [DB=EB=1m] .
- 3- يتم قياس المسافة الأفقية DE .
- 4- وبهذا يكون مثلث الربط "Tie triangle" عبارة عن مثلث متساوي الساقين (DB=EB) , جميع اضلاعه مقاسة.

5- حساب قيمة الزاوية الأفقية، حيث ان:

$$\sin \frac{\phi}{2} = \frac{\frac{1}{2}DE}{DB} = \frac{\frac{1}{2}DE}{1} = \frac{1}{2}DE$$

4- اسقاط زاوية افقية :-

في هذا التطبيق، النقط A, B [شكل (3-8)] تمثل بداية ونهاية الخط المستقيم AB مثبتة في الموقع المطلوب هو تثبيت (اسقاط) نقطة D في الموقع، بحيث يكون الخط AD يميل بزاوية افقية "Φ" معلومة المقدار مع الخط AB.



شكل (3-8) اسقاط زاوية افقية باستخدام شريط القياس

خطوات العمل :-

يمكن اجراء العمل من قبل مجموعة تتألف من ثلاثة اشخاص وعلى النحو الاتي :-

- 1- تثبيت نقطة C على الخط المستقيم AB وتبعد مسافة معينة من نقطة A ولتكن " 1m " . [CA=1m]

2- يتم اختيار المسافة AD مساوية الى المسافة CA [AD=CA=1m] وبهذا يكون لدينا مثلث ربط متساوي الساقين [AD=CA=1m] وفيه الزاوية الافقية "Φ" معلومة ايضاً , والمطلوب تثبيت نقطة D في الموقع وهذا ماسوف يتم شرحه في الخطوات التالية .

3- حساب المسافة الافقية "CD" حيث ان ,

$$\frac{1}{2} CD = AC * \sin \Phi/2 = 1 * \sin \Phi/2$$

$$\therefore CD = 2 \sin \Phi/2$$

4- يمسك الشخص الاول بداية الشريط (قراءة zero) بصورة جيدة في النقطة A.

5- يمسك الشخص الثاني شريط القياس عند القراءة [CD+AD=CD+1] وبصورة جيدة في النقطة C .

6- يمسك الشخص الثالث الشريط عند القراءة [AD] 1m بصورة جيدة ويتحرك على الارض الى ان يتم عمل مثلث افقي في الطبيعة يمثل مثلث الربط عند ذلك وبتسليط شد جيد على الشريط يتم تثبيت نقطة D في الموقع , وبهذا تم اسقاط الخط المستقيم AD , اي ان اسقاط الزاوية الافقية Φ قد تم . (و.هـ.م)

3-4 قياس المسافة الافقية عبر العوارض باستخدام شريط القياس:

"Measurement of obstructed horizontal distance using tape"

هنالك عدد من العوارض تعيق قياس المسافة الافقية بين نقطتين، يمكن تصنيف هذه العوارض الى ثلاثة انواع:

1- القياس غير ممكن والرؤيا ممكنة:

مثال هذا النوع، تحديد المسافة الافقية

بين نقطتين تقعان على جانبي نهر

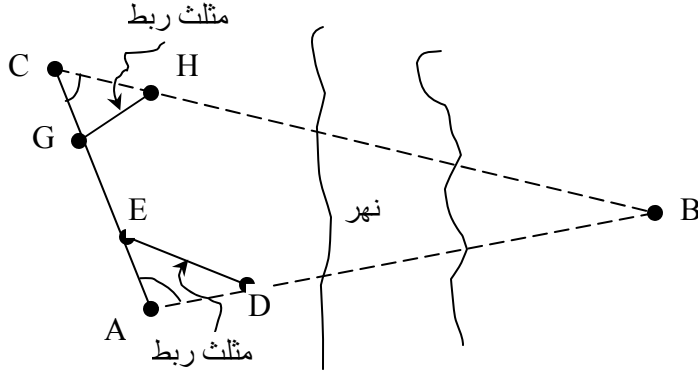
كما هو في الشكل (3-9).

في هذه الحالة النقطتين A، B تقعان

على جانبي نهر، المطلوب تحديد

المسافة الافقية بين النقطتين A، B

باستخدام شريط القياس.



شكل (3-9) قياس المسافة الافقية في حالة الرؤيا ممكنة والقياس غير ممكن

خطوات العمل:

بالامكان تنفيذ العمل من قبل مجموعة تتألف من شخصين وعلى النحو الاتي:

1. تثبيت نقطة C في موقع ملائم بالقرب من نقطة A .

2. قياس المسافة الافقية AC.

3. قياس الزاوية الافقية A وذلك من خلال عمل مثلث الربط "Tie triangle"

(EAD)، في هذا المثلث يتم تثبيت النقاط D، E على الضلعين AC، AB على

التوالي بحيث المسافة AD = المسافة AE = 1m ويتم ايضاً قياس المسافة DE.

$$\therefore \sin \frac{A}{2} = \frac{\frac{1}{2} DE}{AD} = \frac{\frac{1}{2} DE}{1} = \frac{1}{2} DE = \frac{DE}{2}$$

$$\therefore \frac{A}{2} = \sin^{-1}\left(\frac{DE}{2}\right)$$

$$\therefore A = 2\sin^{-1}\left(\frac{DE}{2}\right)$$

4. قياس الزاوية الافقية C وذلك من خلال عمل مثلث الربط GCH، في هذا المثلث يتم تثبيت G,H بحيث تكون CH=CG=1m ويتم ايضاً قياس GH.

$$\therefore C = 2\sin^{-1}\left(\frac{GH}{2}\right)$$

5. حساب الزاوية الافقية B:

$$A + B + C = 180^\circ$$

$$\therefore B = 180^\circ - A - C$$

6. حساب المسافة الافقية AB

$$\frac{AB}{\sin C} = \frac{AC}{\sin B}$$

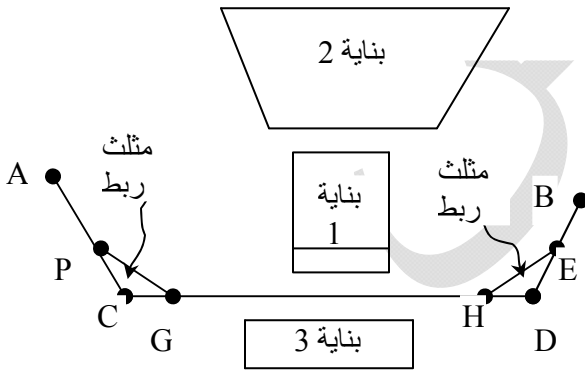
$$\therefore AB = \frac{\sin C}{\sin B} \times AC$$

(و.هـ.م)

2- القياس غير ممكن والرؤيا غير ممكنة:

خير مثال على هذا النوع من العوارض هو وجود بناية تفصل ما بين النقطتين A, B والمطلوب هو تحديد المسافة الافقية AB باستخدام شريط القياس [شكل (10-3)].

ان افضل طريقة لاجتياز هذا النوع من العوارض هو عمل مضلع "Traverse".



شكل (10-3) قياس المسافة الافقية في حالة الرؤيا غير ممكنة والقياس غير ممكن

خطوات العمل:

- بالامكان اجراء العمل من قبل مجموعة تتألف من شخصين وعلى النحو الاتي:
1. استطلاع موقع العمل لغرض تثبيت محطات المضلع "Traverse stations" في مواقع ملائمة بحيث تكون اضلاع المضلع اقرب ما يمكن الى الخط AB والمطلوب تحديد طوله.
 2. تثبيت محطات المضلع C, D في الموقع.
 3. قياس اطوال اضلاع المضلع AC, CD, DB باستخدام شريط القياس.
 4. قياس الزاوية الافقية C, D من خلال عمل مثلثات الربط PCG, HDE وعلى التوالي [$HD = DE = 1m$ ، قياس HE وكذلك $PC = CG = 1m$ ، قياس PG].

$$\therefore D = 2\text{Sin}^{-1}\left(\frac{HE}{2}\right)$$

$$C = 2\text{Sin}^{-1}\left(\frac{PG}{2}\right)$$

5. اصبح لدينا الان المضلع ACDB فيه اطوال الاضلاع AC, CD, DB معلومة (مقاسة) وكذلك الزويا الافقية C, D معلومة (مقاسة) ايضاً، والمطلوب تحديد طول الضلع AB.

هناك عدد من الطرق الرياضية لحساب AB ، اهمها:

أ. طريقة التضليع "Traversing" والتي سوف يتم التطرق لها تفصيلاً لاحقاً.

يمكن ايجاز تطبيق نظرية التضليع في هذه المسألة على النحو الاتي:

1. فرض احداثيات افقية معينة (X_A, Y_A) للنقطة A وكذلك فرض اتجاه

الخط AC يمثل اتجاه المحور X وبذلك تكون

$$\cdot X_C = X_A + AC, \quad Y_C = Y_A$$

2. لكون الزاوية C معلومة، يتم حساب اتجاه الخط CD وبمعرفة طول

CD ايضاً يتم تحديد احداثيات نقطة D (X_D, Y_D) .

3. وبنفس الاسلوب يتم تحديد احداثيات نقطة B (X_B, Y_B) .

4. واخيراً $AB = \sqrt{\Delta X_{AB}^2 + \Delta Y_{AB}^2}$.

ب. يمكن حساب المسافة AB باستخدام علاقات مثلثية.

اشارة الى الشكل [3-11] ادناه، يمكن حساب المسافة AB باتباع الخطوات

الاتية:

1. حساب AD:

$$\cos C = \frac{AC^2 + CD^2 - AD^2}{2 * AC * CD}$$

$$\therefore AD = \sqrt{AC^2 + CD^2 - [2 * AC * CD * \cos C]}$$

2. حساب θ_1

$$\frac{AC}{\sin \theta_1} = \frac{AD}{\sin C}$$

$$\therefore \sin \theta_1 = \frac{AC}{AD} \sin C \Rightarrow \theta_1 = \sin^{-1} \left[\frac{AC}{AD} \sin C \right]$$

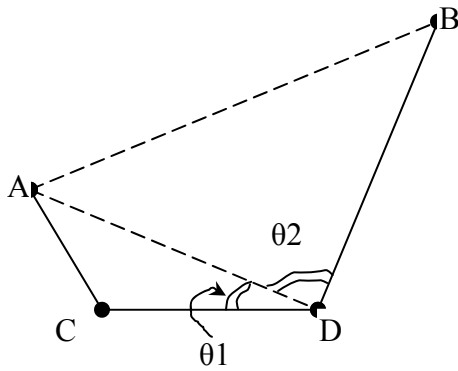
3. حساب θ_2

$$\theta_2 = D - \theta_1$$

4. حساب المسافة الافقية AB

$$\cos \theta_2 = \frac{AD^2 + DB^2 - AB^2}{2 * AD * DB}$$

$$AB = \sqrt{AD^2 + DB^2 - [2 * AD * DB * \cos \theta_2]}$$



شكل (3-11) حساب المسافة الافقية AB