**بسم الله الرحمن الرحيم**

**د. واثب النعيمي**

**المقاطع الطولية والعرضية**

يعد إعداد المقاطع الطولية والعرضية من اهم الأغراض التي تهدف إليها عملية التسوية، إذ نحصل بها على شكل أو أشكال تبين تعرجات وتموجات سطح الأرض على امتداد الخط المطلوب الذي قد يكون مستقيما أو منحنيا. ويعبر عنه بموجب مقياس رسم.

على هذا الشكل يتطلب معرفة مناسيب عدد من النقاط الواقعة على المقطع المزمع إعداده إضافة إلى الأبعاد الأفقية لهذه النقاط ابتداءً من نقطة بدايته، يتم اختيار هذه النقاط عادة عند المواقع التي يحدث فيها تغيير ملحوظ أو متميز في طبيعة سطح الأرض. وبذلك عند رسم خط المقطع الذي يصل بين هذه النقاط، يكون من الممكن اعتبار ميل سطح الأرض بين النقاط المتعاقبة ميلاً منتظما يعبر عنه بخط مستقيم.

ان عدم الدقة عند اختيار النقاط وبيان مناسيبها الضرورية لرسم المقطع يؤدي إلى عدم الحصول على شكل يماثل الشكل الطبيعي والفعلي للخط الأرضي كما موضح في الشكل أدناه، في الشكل يمثل الخط أ طبيعة تموج الأرض الفعلي أو الطبيعي ابتداءً من النقطة 1، 2، 3، 4، 5، 6، 7 و8 بينما الخط ب يمثل الانحناءات الطبيعية بشكل جيد بخطوط مستقيمة أما الخط ج فهو لا يمثل النقاط جميعها بشكل جيد فهة يمتد من النقطة 1 إلى 3 بخط مستقيم واحد ومن النقطة 3 إلى النقطة 7 بخط مستقيم أفقي واحد يلغي كل التموجات الطبيعية وفقط الخط بين النقطتين 7 و8 ممثل بشكل جيد.

1

1

1

أ

ب

ج

2

2

2

3

3

3

4

4

4

5

5

5

6

6

6

7

7

7

8

8

8

شكل 1

من جهة أخرى إذا لم تكن النقاط التي يتغير فيها ميل سطح الأرض دليلاً للعمل أو عندما لا يكون بالإمكان تحديدها على الأرض كما في حالة المقاطع التي تتخذ على امتدادات خطوط الطرق والسكك الحديدية فمن الأفضل في هذه الحالة ان تؤخذ القراءات على نقاط متساوية البعد عن بعضها البعض، كأن تكون 25 م أو 50 م أو غيرها. وهذا يتوقف بالدرجة الرئيسية على درجات ميل الأرض حيث تصغر المسافة بازدياد الميل والعكس، قد تكون مقاطع طولية أو عرضية، فالمقطع الطولي هو الذي يتبع في مساره خطاً سبق تعينه وتأشيره، أي الخط المركزي للمشروع المقترح مثل سكة حديد، قناة ري أو بزل خط أنابيب نقل المياه أو النفط، فالمقطع الطولي هو الوسيلة التي يتمكن المهندس بواسطتها من دراسة العلاقة بين سطح الأرض الفعلي ومناسيب أو مستويات العمل المطلوبة على امتداد واتجاه طوله. وفي تصميم المشاريع يكون من الضروري غالباً على عدة مقاطع طولية على امتداد عدة خطوط مركزية مقترحة من اجل مقارنة تكاليف وملاءمة المشروع بالنسبة لخطوطه المركزية المقترحة واعتماد الأفضل من بينها حسب الاعتبارات المطلوبة.

ان المقطع الطولي لا يمكن ان يوضح مواصفات الأرض الواقعة على جانبي خطه المركزي ومن ثم فهو لا يوفر ما يكفي من المعلومات لتصميم المشروع المطلوب فيما عدا المشاريع التي تشغل شريطاً ضيقاً، من الأرض كخطوط نقل الأنابيب التي يعد سطح الأرض فيها أفقياً ضمن حدود عرض المشروع ومتعادل جانبياً بالنسبة للخط المركزي. اما الأعمال التي تكون فيها الأرض متسعة نسبياً على جانبي الخط المركزي فإنها تتطلب معلومات إضافية نحصل عليها من عمل المقاطع العرضية التي تؤخذ عادة عمودياً على الخط المركزي وبأطوال مناسبة تزيد قليلا عن حدود العمل المطلوب من كلا جانبيه الأيمن والأيسر.

**المقاطع الطولية**

يتكون فريق عمل المقطع الطولي من:

1. الراصد: يقوم بتحديد اتجاه خط المقطع واختيار النقاط المناسبة كمواقع لمسطرة التسوية بما يتفق وطبيعة سطح الأرض وميلانه إضافة إلى استعمال جهاز التسوية وتسجيل القراءات المرصودة في جدول التسوية.
2. حامل المسطرة وظيفته وضع مسطرة التسوية بصورة عمودية على النقاط التي يختارها الراصد.
3. المساعدان: يقومان بقياس المسافات الأفقية بين النقاط بالشريط أو أداة أخرى مناسبة.

الغالب تناط مهمة إمساك المسطرة بأحد المساعدين وهذا يستلزم ان ينتظر الراصد وقتا ما إلى سحب أداة القياس إلى الأمام. وهذا يعني ان وجود مساعد واحد يؤدي إلى ضياع وقت غير قليل إضافة إلى اضطرار الراصد لترك جهاز التسوية من اجل المساعدة في عملية القياس. تتكون أدوات العمل من جهاز التسوية ومسطرة تسوية، وأداة لقياس المسافة الأفقية، وشواخص، ونبال، وطباشير، وقلم ودفتر، وجداول تسوية.

يحدد المقطع الطولي بكامله أولاً بتثبيت عدد كافي من النقاط لبيان أجزائه المستقيمة والمنحنية ويكون ذلك بغرز شواخص وسطية يتم رصدها بالعين المجردة. أما إذا كان خط المقطع طويلاً فيثبت منه أولاً ما يكفي لأخذ قراءات نصف العمل اليومي في الأقل. أما في المناطق المغطاة بخرائط سابقة فان خط المقطع المطلوب يرسم من الخريطة ومن ثم يحدد على الأرض بالمقارنة النسبية بين مواقع المعالم الموضحة على الخريطة ونظيرتها الموجودة على الأرض أو باستخدام جهاز الثيودولايت في عدم احتواء المنطقة على معالم مميزة.

تبدأ عملية التسوية من الراقم قريب وتكون بقراءات خلفية وأمامية فقط الى حين الوصول إلى موقع يمكن منه رصد نقطة بداية خط المقطع المطلوب رسمه هي تقرأ المسطرة عليها قراءة أمامية. الجهاز التسوية إلى موقع جديد المسافة من نقطة البداية وباتجاه سير العمل وتقرأ المسطرة ثانية على نقطة بداية المقطع حيث تكون خلفيه، ومنها يبدأ القياس بالشريط   باعتباره الأداة المستخدمة لقياس المسافات الأفقية.   ثم توضع المسطرة في مواقع متتالية على امتداد خط المقطع حساب التغير الفعلي في والميل والاتجاه. وبعده قراءة الراصد للمسطرة   يقوم حامل المسطرة بإبلاغه مقدار بعدها عن الشريط ابتداءً من نقطة بداية المقطع أو تسجل هذه المسافات لدى حامل المسطرة في دفتر يكون معه لهذا الغرض، سمك نقل بعدئذ إلى حقل المسافة جدول التسوية حسب ترتيبها. يستمر العمل بهذه الطريقة الى ان يصل الراصد إلى مرحلة لا يتمكن بعدها رؤية المسطرة بوضوح، سواء كان ذلك بسبب بعدها الكبير عنه أو بسبب طبيعة سطح الأرض ووجود العوائق، وبذلك لا يمكن قراءة المزيد من النقاط الوسطية. عند هذه المرحلة يقوم الراصد بإبلاغ حامل المسطرة بأنه يريد أخذ قراءة أمامية فيقوم حامل المسطرة بانتخاب نقطة أو موضع يصلح لأن يكون نقطة الدوران قد تكون على خط المقطع أو بعيداً عنه مع ملاحظة تساوي بعد الجهاز عن كل من القراءتين الخلفية والأمامية. المصدر عمودية تماما على هذه النقطة وتؤخذ قراءتها وتسجل في حقل الأماميات. ثم يقوم الراصد بنقل الجهاز الى موقع جديد، فوق أرض   صلبة قدر الإمكان، باتجاه نهاية خط تسوية المقطع   بحيث يمكنه من هذا الموقع رصد المسطرة وهي في وضعها فوق نقطة الدوران وكذلك رؤية مسافة طويلة مكشوفة باتجاه سير العمل. يقرأ الراصد المسطرة ثانية على نقطة الدوران من موقع الجديد ويسجل القراءة في حقل الخلفيات أمام نفس النقطة التي أخذت عليها القراءة الأمامية من موقع الجهاز السابق، كم يستمر تكرر العمل بنفس الأسلوب السابق حتى يصل إلى نقطة نهاية المقطع حيث تسجل القراءة المرصودة عليها في حقل الأماميات.

يستحسن الاستمرار في سلسلة التسوية بعد الوصول الى نقطه نهاية المقطع لغايه أقرب راقم بأخذ قراءات خلفيه وأماميه فقط ومقارنه منسوب هذا الراقم بالمنسوب الناتج من حسابات التسوية إذ يجب   ان يتساوى المنسوبان   أو لا يتعدى الفرق بينهما (مقدار الخطأ) القيمة الناتجة من تطبيق العلاقة الأتية

الخطأ المسموح بالملي متر= 10 \* طول خط التسوية بالكيلو متر

يوزع مقدار الخطأ الواقع ضمن الحدود المسموح بها بطريقه التناسب أطوال المسافات بين القراءات.  أما إذا تعدى مقدار الخطأ حدود القيمة المسموح بها فيجب إعادة العمل من جديد.   عند تعذر الوصول الى راقم قريب من نقطه المقطع الأخيرة، يمكن التحقق من صحة العمل بإعادة عمليه التسوية بصوره عكسية من حيث اتجاه العمل نهاية الوصول الى نقطه بداية المقطع خلفيات أماميات فقط.   ثم يقارن منسوب نقطه البداية الناتج عن العمل بالاتجاهين المتعاكسين حيث يجب ان لا يتعدى مقدار الفرق بينهما القيمة الناتجة عن تطبيق العلاقة المذكورة في أعلاه ويعاد العمل من جديد إذا تعداه.

طريقه تدوين القراءات وحساب مناسيبها لا تختلف مما سبق بيانه.  والفرق الوحيد في صيغه جدول التسوية إضافة عمود واحد للجدول تسجل فيه المسافات بالمتر بين النقاط بالنسبة لنقطه بداية المقطع.  والجدول الاتي مثال يبين تسجيل القراءات ومناسيب النقاط محسوبة بطريقه ارتفاع خط النظر لجزء من مقطع طولي إضافة الى المسافات بين النقاط المحسوبة اعتبارا من نقطه بداية خط المقطع.

يمكن رسم المقطع الطولي بعد الحصول على مناسيب النقاط المرصودة على خط المقطع المطلوب. تبدأ عمليه تشكيل المقطع برسم خط أفقي مستقيم (المحور السيني) يمثل مجموع المسافات الأفقية بين النقاط المرصودة.    منسوب هذا الخط فهو منسوب مستوى المقارنة.  ولكن إذا كانت المنطقة ترتفع كثيرا فوق مستوى المقارنة، فانه طرق فروق المناسيب سوف لا تظهر واضحة.  ومن هنا، في مثل هذه الحالات يعد منسوب الخط الأفقي هذا، مرفوعاً بمقدار مناسب فوق مستوى المقارنة.  والمقدار المناسب هذا هو الذي يقل عن أوطأ منسوب من   مناسيب النقاط المرصودة.  وعادة   تكتب عباره " المنسوب مرفوع بمقدار كذا فوق مستوى المقارنة".  تؤشر على الخط الأفقي مواقع النقاط    التي رصدت مناسيبها   حسب أبعادها الأفقية وبموجب مقياس الرسم المستعمل ثم   يرسم خط عمودي من موقع كل نقطه يمثل مقدار منسوبها حسب مقياس الرسم المستعمل.  بعد ذألك   نصل نهايات الخطوط العمودية المتجاورة بعضها ببعض بخطوط مستقيمه، وهذه الخطوط المستقيمة مجتمعة تمثل شكل المقطع الطولي المطلوب كما هو موضح في الشكل 2.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| النقطة | المسافة | القراءات | | | ارتفاع خط النظر، م | المنسوب  م | الملاحظات |
| خلفية | وسطية | أمامية |
| **أ** | **0** | **3.20** |  |  | **15.60** | **12.40** | نقطة البداية |
| **1** | **20** |  | **3.90** |  |  | 11.70 |  |
| **2** | **55** |  | **1.70** |  |  | 13.90 |  |
| **3** | **70** |  | **2.40** |  |  | **13.20** |  |
| **4** | **90** |  | **0.80** |  |  | **14.80** |  |
| **5** | **125** | **0.30** |  | **1.60** | **14.30** | **14.00** | نقطة دوران |
| **6** | **140** |  | **1.40** |  |  | **12.90** |  |
| **7** | **150** |  | **1.80** |  |  | **12.50** |  |
| **8** | **165** |  | **0.50** |  |  | **13.80** |  |
| **ب** | **180** |  |  | **0.20** |  | **14.10** | نقطة النهاية |

يلاحظ من الشكل 2   اختلاف مقياس الرسم المستعمل للمسافات الأفقية والمناسيب.  والسبب في ذلك يعود إلى ان طول المسافات الأفقية أكبر بكثير من الفروق بين المناسيب وان رسمها بنفس المقياس سوف لا يظهر تعرجات سطح الأرض بوضوح.  ولكن اتباع أسلوب المقياس المختلف سيظهر هذه التعرجات بوضوح، لأنه درجات الميل بين النقاط المتعاقبة يكون فيها نوع من المبالغة الضرورية لتوضيح العلاقات بين خط المقطع الطبيعي على الأرض وخط المقطع التصميمي للعمل المطلوب إنجازه بدلالة هذا المقطع.

نرسم الأبعاد الأفقية بمقياس 500/1 أو 1000/1 والمناسيب بمقياس أكبر من ذلك مثل 50:1 أو 100:1، لكن هذه المقاييس ليست ثابتة وكذلك الفرق بينهما وذلك يعتمد على العوامل الأتية:

1. طبيعة الأرض: إذا يزداد الفرق في الأراضي المستوية مقارنة بالأراضي ذات التضاريس المختلفة.
2. مقياس الرسم الأفقي: إذ يزداد الفرق كلما صغر مقياس الرسم.
3. الهدف من رسم المقطع: إذ يزداد الفرق بزيادة الدقة المطلوبة على ان لا تتعدى الدقة المستخدمة في تسجيل قراءات المسطرة.

بعد الانتهاء من الرسم نقوم بتحبير خط المنسوب الطبيعي وخط المنسوب الأساس، أما الخطوط العمودية فتكون دقيقة أو بلون فاتح، ومن الضروري تثبيت أرقام مقاييس الرسم المستخدمة على رسم المقطع واي معلومة ضرورية أخرى. عند الانتهاء من إقرار موقع المشروع الهندسي يبدأ بإعداد خط المقطع التصميمي الذي نحتاجه في عملية التنفيذ، ويتضمن المقطع التصميمي المعالم الطبيعية الأصلية لسطح الأرض إضافة إلى مناسيب العمل الجديد ومنها يمكن استنتاج العلاقة الكمية بين الواقع والمطلوب، فلو أخذنا المثال أعلاه وبافتراض ان المطلوب هو تسوية المقطع بين نقطتي البداية والنهاية بميل تصاعدي (تنازلي) لوجب ان يكون الفرق في المنسوب بين نقطة البداية والنهاية هو:

فرق المنسوب بين البداية والنهاية= نسبة الميل \* طول المسافة الأفقية

= 1/100 \* 180 = 1.8 م

وبما ان منسوب نقطة البداية هو 12.4 م فأن منسوب النهاية التصميمي = 12.4+1.8 = 14.2 م

ثم نرسم خطا مستقيما من نقطة البداية إلى نقطة النهاية التي سيصبح منسوبها 14.2 م بدلاً من 14.1م ومن هذا الخط يمكن معرفة المناسيب التصميمية للنقاط المرصودة كافة، وبمقارنة المناسيب الطبيعية بالتصميمية متوصل إلى أعماق الحفر والردم عند التنفيذ، حيث تكون الحالة حفراً عندما يكون المنسوب التصميمي أوطأ من الطبيعي، والعكس يكون كعمق للردم، إذا كانت أعماق الحفر والردم متوازنة فهذا يعني ان المقطع جيد، والا فيلتجأ إلى تغيير المقطع التصميمي إما برفعه أو خفضه لحين الوصول إلى حالة من التوازن بين الحفر والردم، تختلف المعلومات في المقطع التصميمي حسب مواصفات المشروع والكلفة الاقتصادية، يمكن إيجاد مقدار الميل بشكل عام ما لم تستوجب الظروف غير ذلك من المعادلة أدناه:

% الميل = (فرق المسافة العمودية \ فرق المسافة الأفقية) \* 100

وحسب المثال فإن % الميل = ((14.1-12.4)\(180-0))\*100 = 0.9%

20

11.70

12.40

أ

ب

70

55

13.90

90

125

13.20

180

140

14.80

165

150

14.00

12.90

13.80

12.50

14.10

ملاحظة المنسوب مرفوع إلى 10 م

مقياس الرسم العمودي 100:1

مقياس الرسم الأفقي 1000:1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **النقاط** | **أ** | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | 6 | 7 | 8 | ب |
| **المسافات** | **0** | **20** | **55** | **70** | **90** | **125** | 140 | 150 | 165 | 180 |
| **المنسوب الطبيعي** | **12.4** | **11.70** | **13.90** | **13.20** | **14.80** | **14.00** | 13.90 | 12.50 | 13.80 | 14.10 |
| **المنسوب التصميمي** | **12.4** | **12.60** | **12.95** | **13.10** | **13.30** | **13.65** | 13.80 | 13.90 | 14.05 | 14.20 |
| **الحفر** | **-** | **-** | **0.95** | **0.10** | **1.50** | **0.35** | - | - | - | - |
| **الردم** | **-** | **0.90** | **-** | **-** | **-** | **-** | 0.90 | 1.40 | 0.25 | 0.1 |