جامـــعة دمـــشق
كليـــــة الهندسة المدنية
قسم هندسة النقل ومواد البناء

تصميم المقطع الطولي

المحاضرة 9

هندسة الطرق

محتوى المحاضرة:

تصميم المقطع الطولي

حساب عناصر المقطع الطولي

تحديد نقاط المرور الإجبارية عند وضع خط المشروع

مسألة

تصميم المقطع الطولي:

يتألف المقطع الطولي من سلسلة من الخطوط المنكسرة المائلة أوالأفقية ويصل فيما بينها منحنيات شاقولية أو رأسية وتكون محدبة أو مقعرة.

ويعبر عن المقطع الطولي بخط المشروع والذي هو عبارة عن إسقاط محور المشروع الأفقي على مستوى شاقولي مع المحافظة على المناسيب وهو الذي يحدد قيم الميول الطولية لمختلف أجزاء الطريق.

المقطع الطولي : هو الشكل الناتج عن قطع محور بمجموعة من مستويات رأسية متلاحقة ومماسة للمحور.

خط المشروع: هو المسار الفعلي للطريق في المستوي الرأسي و المؤلف من مجموعة من الاستقامات والمنحنيات الشاقولية

بعد أن حصلنا على سطح أفقي واخترنا المنحنيات الأفقية ثم حسبنا عناصرها في المسقط الأفقي نبدأ بتصميم المقطع الطولي:

المقطع الطولي هو الشكل ((المرتسم)) الناتج عن قطع محور الطريق بمجموعة مستويات رأسية متلاحقة مماسة للمحور بعد الفرد، أي نستطيع أن نستعيض عن كافة أجزاء المنحني في المسقط الأفقي باستقامات تساويها بالطول.

فعند بداية دراسة مشروع لطريق ما، يجب ان نحدد مسبقاً الميل الأعظمي الذي يمكن أن نعطيه للطريق في المقطع الطولي ، و يتبع هذا الميل إلى عوامل عديدة وهي:

- تكاليف المشروع والتي تتناقص عندما لا تتجاوز الميل الأعظمي.
- سهولة السير اقل من الميل الأعظمي.
- طبقية وشكل الأرض الطبيعية (متعرجة ، سطحية)
- طبيعة القوافل ونوع السيارات (سياحية ، ثقيلة) .
- نوعية التربة الطريق (تؤثر من الناحية الاقتصادية) .

إذاً تصميم المقطع الطولي يعني اختيار مسار سطوح الطريق في المستوي الشاقولي (الرأسي) .

الشروط الواجب مراعاتها أثناء وضع خط المشروع أو عند اختيار المقاطع الطولية:

1. انسيابية المقطع الطولي للطريق والقيم المسموحة للميول الطولية إضافةً إلى تأمين مسافة رؤيا كافية تسمح بتحقيق سرعات عالية لحركة السيارات.
2. عدم اللجوء إلى مقطع طولي على شكل أسنان المنشار (زكزاك) أي هبوط يتبعه صعود على مسافات قريبة بشكل متتالي مما يؤدي إلى قيام محركات السيارات بعمل ضائع.
3. مرور الطريق في نقاط ذات منسوب محدد مسبقاً، حيث يوجد بالمقطع الطولي بعض النقاط المحددة المنسوب مسبقاً والتي يجب أن يمر بها ، مثلاً الالتحام مع الطريق الموجود في بداية ونهاية الطريق والتقاطعات مع السكك الحديدية ومنسوب سطح الجسور " ممر علوي" والأنفاق "ممر سفلي"
4. صرف المياه عن الطابق الترابي.
5. إمكانية مكننة تنفيذ الأعمال الترابية أي أن يكون حجم التربة مساوياً لحجم التربة اللازمة للردم في المناطق المجاورة بحيث تستخدم التربة نفسها (على أن تكون هذه التربة مقبولة فنياً للردم)

إذاً أثناء تصميم المقطع الطولي يجب الالتزام بالمبادئ لتأمين شروط حركة مريحة للركاب و آمنة للعربات , يجب أن تحقق الشروط التالية:

1. يفضل استخدام ميول طولية أعظمية لا تزيد عن 3% على ان يكون مبرراً من الناحية الاقتصادية.
2. مسافة رؤيا لسطح الطريق لا تقل عن 450 m
3. يفضل استخدام أنصاف أقطار مقعرة ومحدبة تبعاً للجدول.
4. ألا يقل طول المنحني الشاقولي عن 300 m للمحدبة , و 100 m للمقعرة.
5. إذا كان الفرق الجبري بين القيم المتجاورة للميول الطولية يزيد عن 0.5 % للطرق ذات الدرجة *II* ,*I* و 1% للطريق ذات الدرجة *III* و 2% للطرق ذات الدرجتين *VI* ,*V*

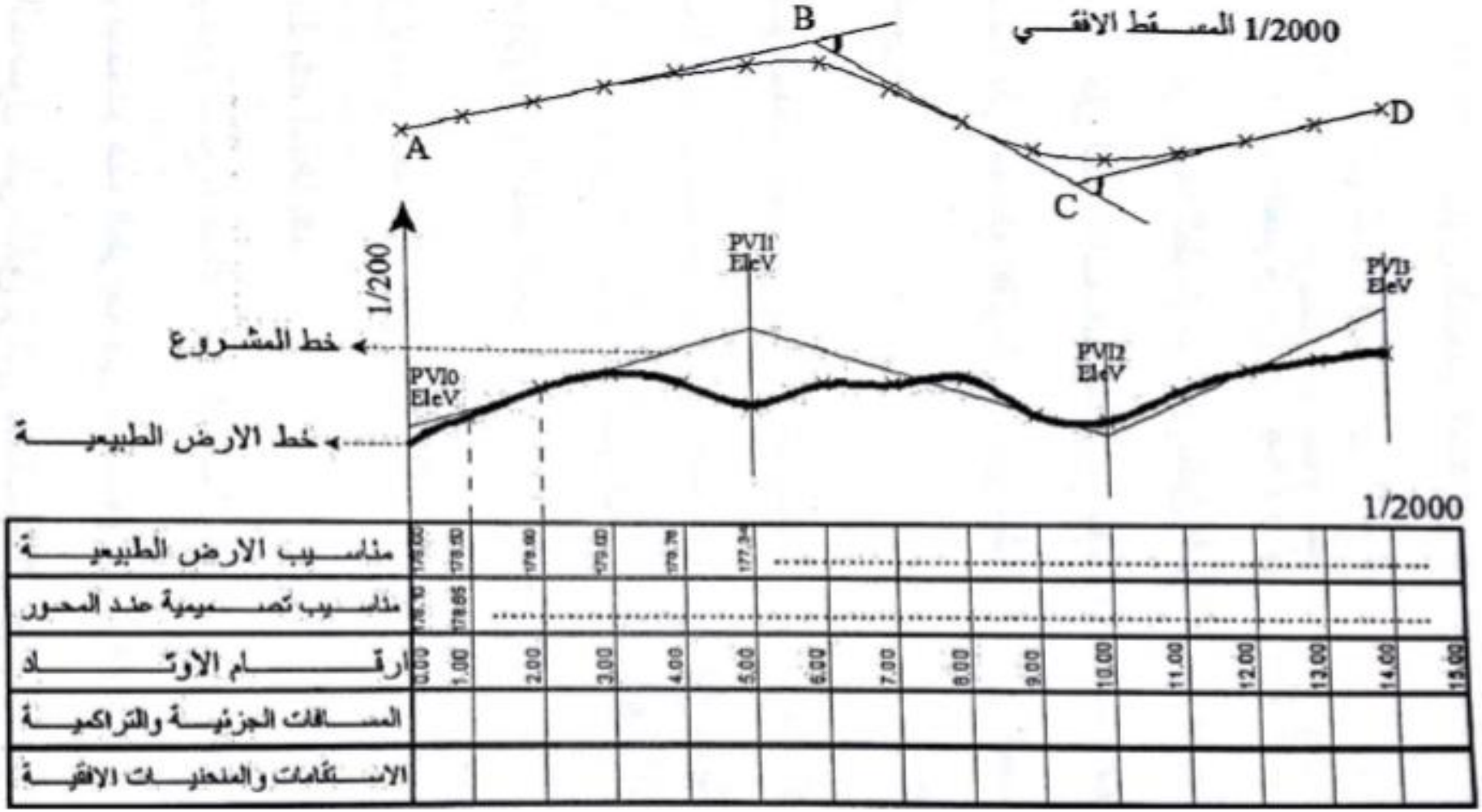
فإن انكسارات خط المشروع يجب أن تغلف بمنحنيات شاقولية.

حصلنا على مضلع أفقي المبين في الشكل وحسبنا العناصر لنبدأ برسم المقطع الطولي وتمثيل المسقط الأفقي وأرقام الأوتاد والنقاط المميزة ومناسيب الأرض الطبيعية ثم نقوم بوضع خط المشروع والتأكد من تحقق الشروط المذكورة سابقاً ومن ثم حساب عناصر المنحنيات الشاقولية والمناسيب التصميمية عند كافة الأوتاد والنقاط المميزة

يمكن وضع خط المشروع بإحدى الطريقتين:

الطريقة الأولى: طريقة التغليف : يتم وضع خط المشروع بشكل مواز تقريباً لسطح الأرض الطبيعية وتستخدم هذه الطريقة في المناطق السهلية والهضبية الخفيفة حيث يمكن الحصول على طابق ترابي مخفف بشكل جيد.

الطريقة الثانية: طريقة القطع : أي حفر الأماكن واستخدام التربة عند ذلك لتنفيذ الردميات في الأماكن المنخفضة ويجب أن يحقق ذلك (خط المشروع) التوازن الممكن بين حجوم الحفر والردم (أي استخدام النقل الطولي لتربة الحفر لتنفيذ الردميات) وتستخدم هذه الطريقة عادة عند تصميم طرق الدرجات العالية والسكك الحديدية.



مناسيب الارض الطبيعية	178.50	178.50	179.90	179.00	179.76	177.34	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
مناسيب تصميمية عند المحور	178.65	178.65	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
ارقام الاوتاد	0.00	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00
المسافات الجزئية والتراكمية																
الاستقامات والمنحنيات الافقية																

بعد وضع خط المشروع الأول يتم اختيار المناسيب لانكسارات المضلع الشاقولي وحساب الميول الطولية (بنسبة مئوية وبدقة ثلاثة أرقام بعد الفاصلة) ومن ثم حساب المناسيب عند كل وتد وإدخال المنحنيات الشاقولية المناسبة.

وبعد تحديد نقاط المرور الإجبارية، نضع خط المشروع بحيث يحقق خط المشروع كافة المناسيب المذكورة سابقاً.

ليكن لدينا المضلع الشاقولي التالي:

PVI المسافة التراكمية لنقطة تغير الميل.

Elev المنسوب عند رأس الانكسار، وعند كل رأس انكسار بين كل ميلين متجاورين

ندخل منحنيات شاقولية رأسية (محدبة أو مقعرة).

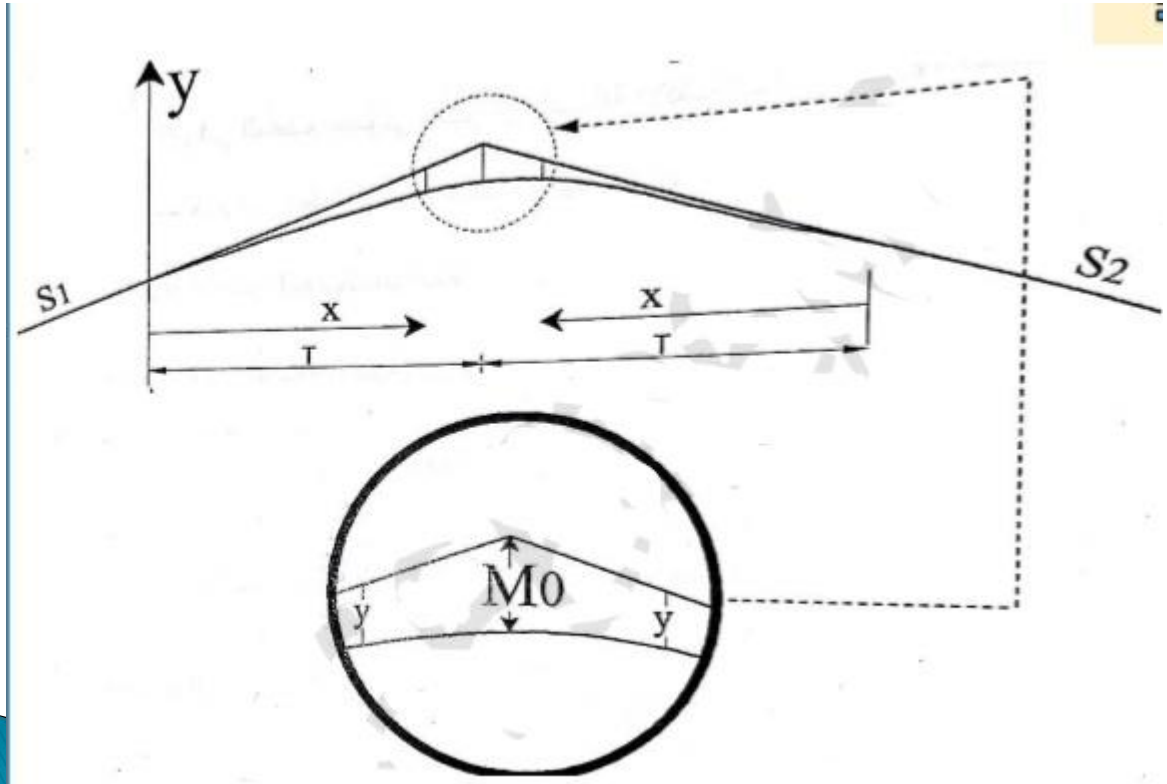
R نصف القطر.

T المماس.

M_0 السهم.

S الميل ويعطي بالعلاقة:

$$s = \mp \frac{D}{L}$$



حساب عناصر المقطع الطولي:

1) **حساب الميل الطولي S:**

$$s = \mp \frac{D}{L}$$

إذا كان الميل صاعد إشارته تكون +, إذا كان الميل هابط فأشارته –

يجب أن يكون الفرق بين الميلين المتتاليين $\leq 1\ ^0/_0$

L المسافة $L = PVI_n - PVI_{n-1}$

D فرق المنسوب $D = Elev_n - Elev_{n-1}$

2) لحساب عناصر المنحنيات الشاقولية (الرأسية) "R,T,L,M_0"

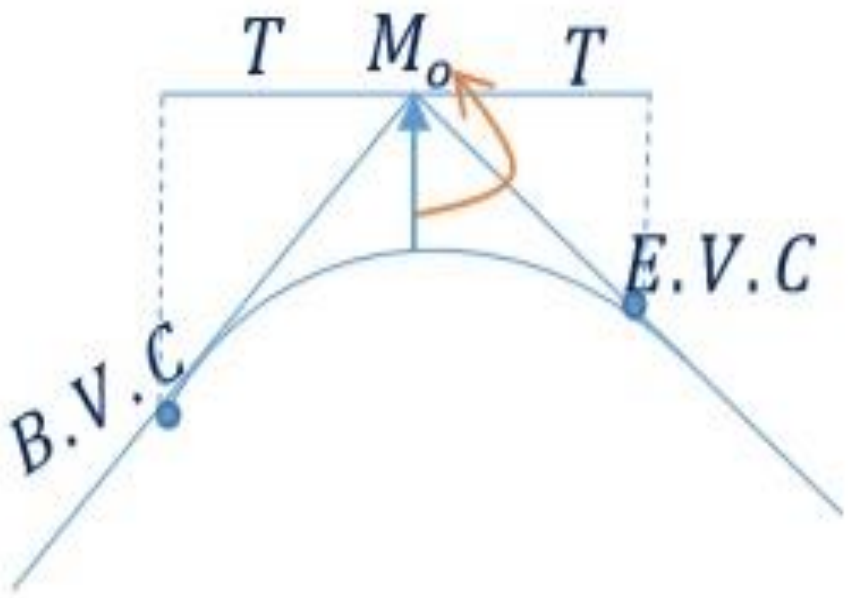
Rنصف قطر المنحني الشاقولي ويكون معطى بنص المسألة

T طول مماس المنحني الشاقولي:

$$T = R * \frac{|s_1 - s_2|}{2}$$

نعتبر المسافة الأفقية T هي نفسها المسافة المائلة لأن الميول الطولية صغيرة.

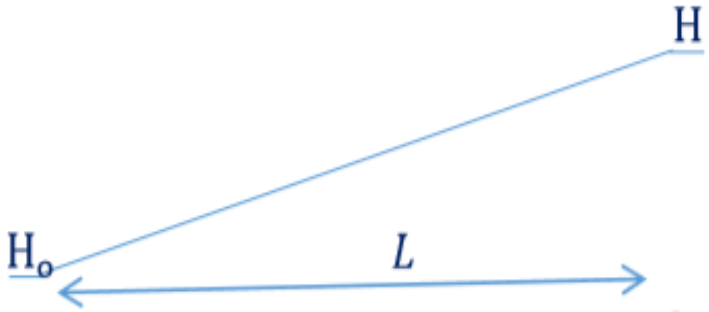
M_0 السهم أو المسافة الرأسية:



$$M_0 = \frac{T^2}{2R}$$

L طول المنحني الشاقولي:

$$L \approx 2T$$



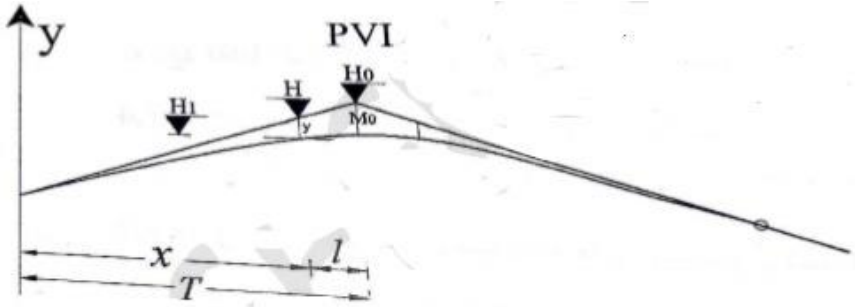
3) لحساب المناسيب التصميمية:

A) على الاستقامة: $H = H_0 \mp S * L$

L المسافة بين رأس مضلع الشاقولي و الوتد.

S الميل الطولي.

B) على المنحنيات: في حالة وقوع وتد ضمن منحني شاقولي.



المنسوب التصميمي يحسب كما يلي:

$$H = H_0 \mp S * L$$

$$H_1 = H \mp Y; \quad Y = \frac{X^2}{2R}$$

حيث Y التصحيح الناتج عن إدخال المنحني الشاقولي ويأخذ إشارة + في المنحنيات المقعرة وإشارة – في المحدبة.

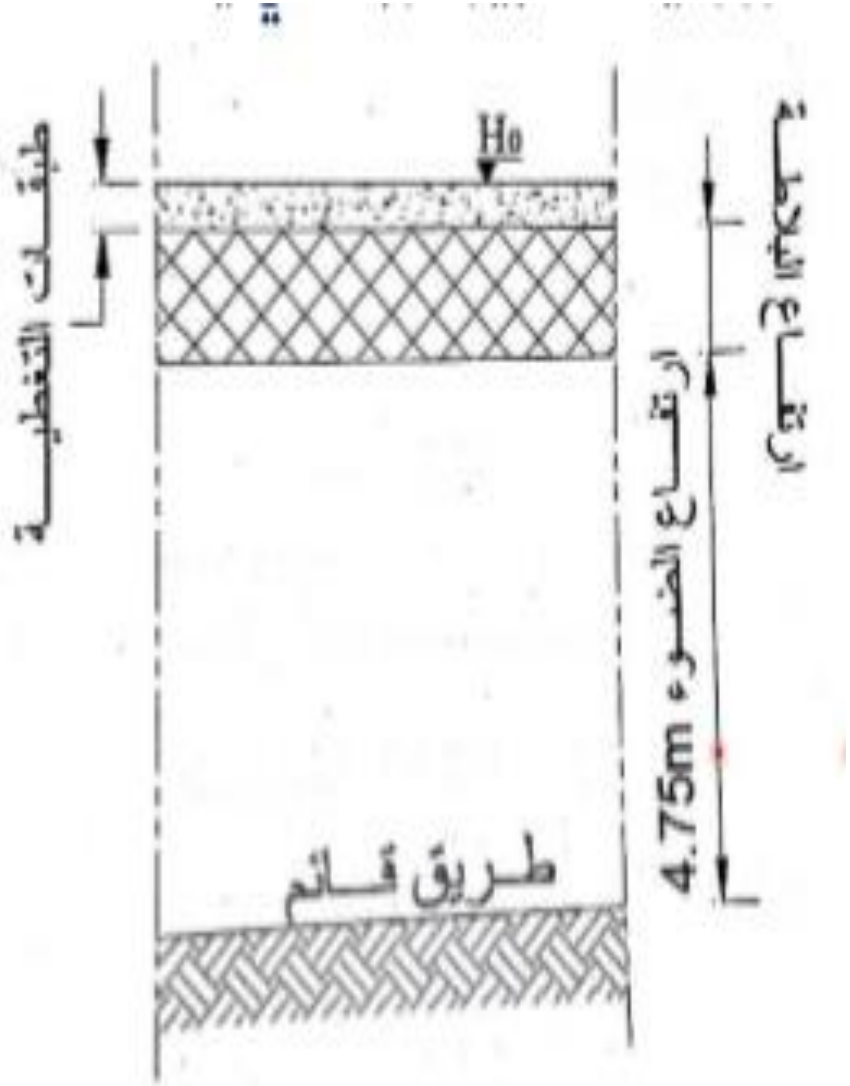
حيث تؤخذ x من بداية المنحني حنى الوتد أو من نهاية المنحني حتى الوتد وذلك حسب مكان وقوع الوتد.

تحديد نقاط المرور الإجبارية عند وضع خط المشروع :

يجب تحديد منسوب خط المشروع عند نقاط المرور الإجبارية من أجل البدء بتصميم المقطع الطولي.

عند وجود تقاطع نختار شكل التقاطع (بمستو واحد أو أكثر).

يتم بمستوي واحد عند تقاطع طرق من درجات متدنية وغزارات مرور ليست كبيرة وبالتالي يمكن تنظيم الحركة على مستو واحد.



لو كان لدينا تقاطع بمستويين فلدينا مثلاً:

1) **<u>الطريق الذي نصممه سيمر على جسر (مرور علوي)</u>**

يجب تحقيق ارتفاع كاف بين أسفل الجسر وسطح الطريق القائم ويسمى ارتفاع الضوء ويكون 4.75 m وفي بعض البلدان 5.25 m

ارتفاع الضوء: هو فرق الارتفاع بين أسفل بلاطة الجسر وأعلى نقطة في المقطع العرضي الطريق السفلي.

ولذلك لدينا ارتفاع بلاطة بجسر $1m \approx 1.5$ ثم طبقات التغطية فوق الجسر حوالي 10 سم وبالتالي يجب أن يمر الطريق عند منسوب لا يقل عن المنسوب الذي حصلنا عليه عند إضافة (ارتفاع الضوء + ارتفاع البلاطة + سماكة التغطية)

ملاحظة (1) : عن التقاطع مع السكك الحديدية " نناقش بالأسلوب السابق نفسه"

مع اختلاف ارتفاع الضوء بحسب السكك الحديدية 6 – 7 m كما يجب تمييز بين قطارات عادية وقطارات كهربائية (التغذية كهربائية بالأعلى)

ملاحظة (2) : إذا كان الجسر فوق الطريق الذي نصممه وبالتالي يجب أن يمر فوق منسوب لا يزيد عن H_0 (مرور سفلي) وبالتالي في حالة المرور العلوي لا يقل المنسوب عن منسوب معين أما في حال المرور السفلي لا يزيد عن المنسوب H_0

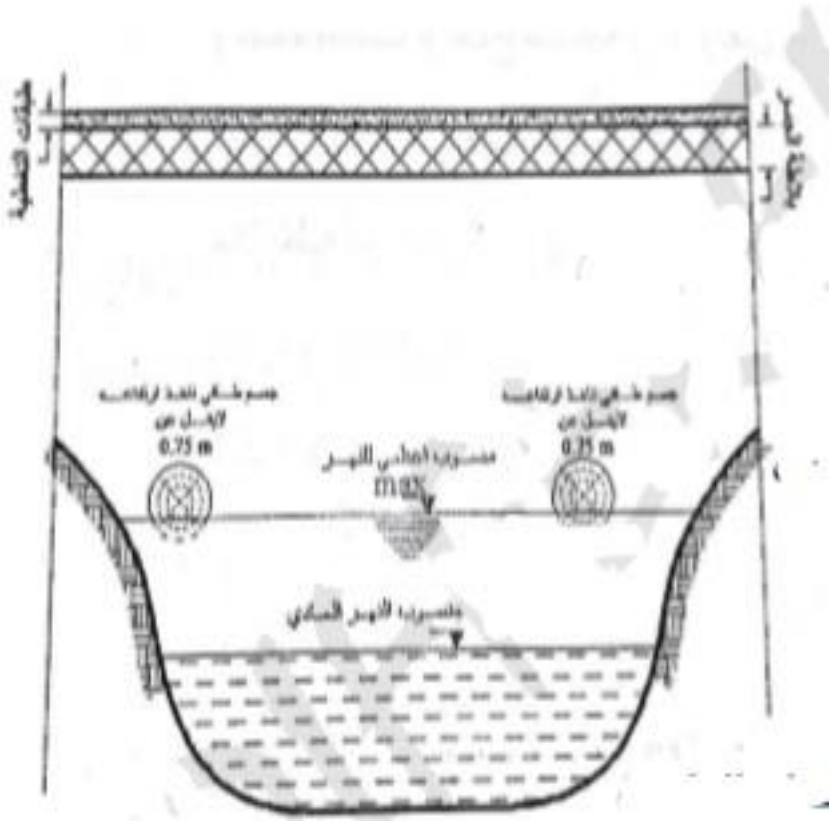
2) **لو كان لدينا عبور فوق نهر**:

لدينا منسوب عادي للنهر ولدينا منسوب أعظمي يتوافق مع فترة الفيضان وهو الذي نصمم عليه وبالتالي يجب أن يكون لدينا مقاسات للغزارة لسنوات عديدة .

لمعرفة الغزارة الأعظمية (التي تحدث كل مئة عام مرة واحدة) وبالتالي نحدد المنسوب الأعظمي للمياه ونضيفه إلى منسوب قاع النهر، ثم نأخذ مسافة أمان إضافية فوق المنسوب الأعظمي للمياه وذلك لبعض الأجسام الطافية (لا تقل عن 0.75 m).

ثم نأخذ ارتفاع بلاطة الجسر " حسب تصميم الجسر" ثم سماكات طبقات التغطية لسطح الجسر.

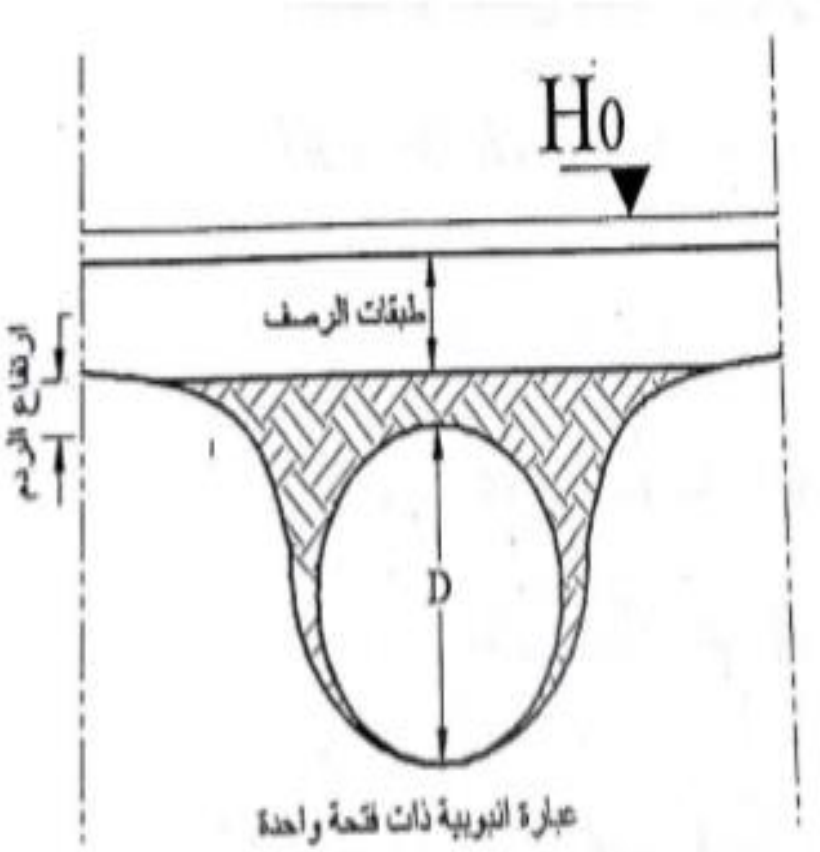
وبالتالي نجمع القيم السابقة فنحصل على المنسوب المطلوب لسطح الطريق لذلك يجب أن يمر خط المشروع أعلى من المنسوب الذي حصلنا عليه



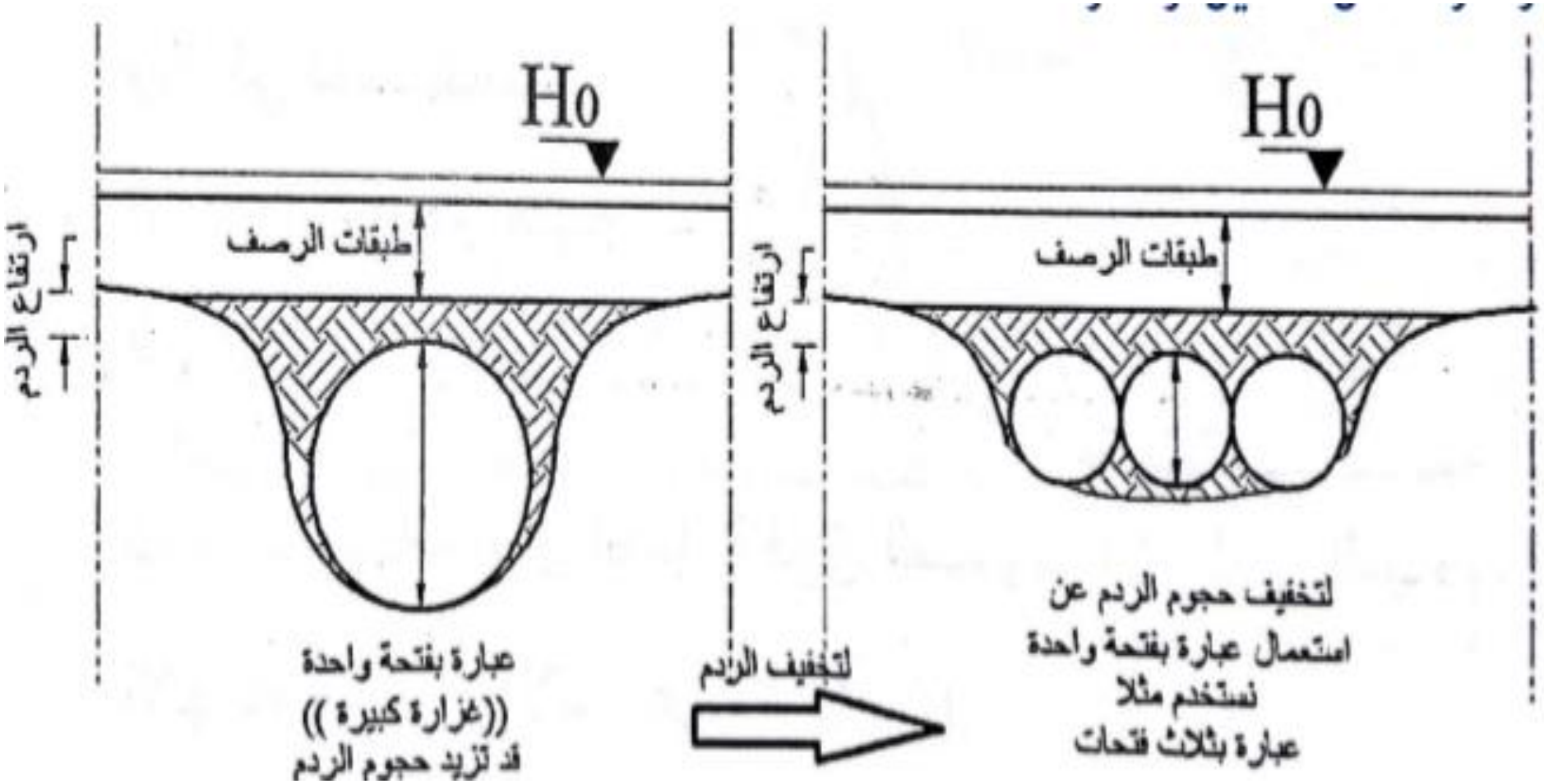
العبارات :

يتم انشاؤها بالمناطق المنخفضة لتمرير مياه الجريان الموسمي من جهة إلى جهة أخرى . وهي عبارة عن أنبوب دائري أو مربع أو مستطيل . يجب تحديد الفتحة اللازمة (قطر العبارة) لتمرير غزارة المياه التصميمة . وعادة نطلب ارتفاع سماكة ردم لا تقل عن 50 cm ثم سماكة طبقات جسم الطريق نفسه.

ملاحظة: لو كان لدينا تصميم عبارة في منطقة سهلية أذا استخدمنا فتحة كبيرة واحدة (الغزارة كبيرة) مما يؤدي الى زيادة حجوم الردم و لتخفيض ذلك نستخدم عبارة مؤلفة من فتحتين أو أكثر .



عبارة انبوبية ذات فتحة واحدة


Ho
طبقات الرصف
ارتفاع الردم
عبارة بفتحة واحدة
((عزارة كبيرة))
قد تزيد حجوم الردم
لتخفيف الردم
Ho
طبقات الرصف
ارتفاع الردم
لتخفيف حجوم الردم عن
استعمال عبارة بفتحة واحدة
نستخدم مثلا
عبارة بثلاث فتحات

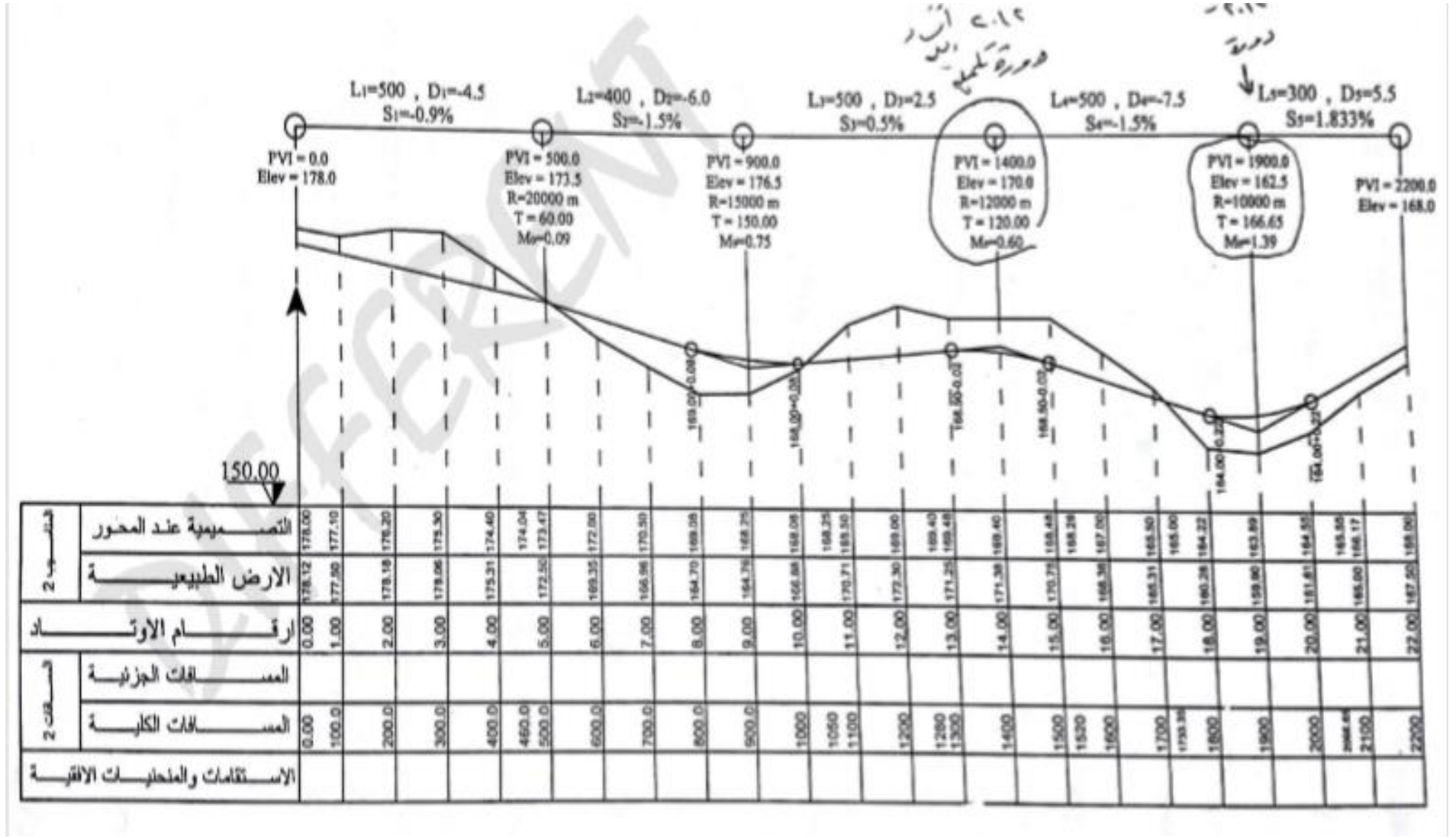
مثال:

وضع خط مشروع لطريق وتم تحديد انكسارات المقطع الطولي . و المطلوب حساب عناصر المنحنيات الشاقولية وحساب المناسب التصميمة عند الأوتاد المطلوبة ؟

الحل:

نحسب الميول الطولية للمضلع الشاقولي ونبدأ بحساب المسافات بين رؤوس المضلع وذلك بأخذ الفرق بين المسافات الكلية للرؤوس المتتالية ومن ثم أخذ فرق المنسوب بينهما ومن ثم تقسيم فرق المنسوب على المسافة لنحصل على الميل .

تأخذ الميول إشارة سالبة إذا كان الطريق هابطا و إشارة موجبة إذا كان الطريق صاعدا.


L1=500 , D1=-4.5
S1=-0.9%
L2=400 , D2=-6.0
S2=-1.5%
L3=500 , D3=2.5
S3=0.5%
L4=500 , D4=-7.5
S4=-1.5%
L5=300 , D5=5.5
S5=1.833%
PVI = 0.0
Elev = 178.0
PVI = 500.0
Elev = 173.5
R=20000 m
T = 60.00
M=0.09
PVI = 900.0
Elev = 176.5
R=15000 m
T = 150.00
M=0.75
PVI = 1400.0
Elev = 170.0
R=12000 m
T = 120.00
M=0.60
PVI = 1900.0
Elev = 162.5
R=10000 m
T = 166.65
M=1.39
PVI = 2200.0
Elev = 168.0
150.00
التصميمية عند المحور
الارض الطبيعية
ارقام الاوتاد
المسافات الجزئية
المسافات الكلية
الاستقامات والمنحنيات الافقية

$$L_1 = 500.0 - 0.0 = 500.0\,m$$
$$D_1 = 173.5 - 178 = -4.50\,m$$
$$S_1 = -\frac{4.50}{500} = -0.9\%$$

$$L_2 = 900.0 - 500.0 = 400.0m$$
$$D_2 = 167.5 - 173.5 = -6.00m$$
$$S_2 = -\frac{6.00}{400} = -0.015 = -1.5\%$$

$$L_3 = 1400 - 900 = 500\ m$$
$$D_3 = 170 - 167.5 = +2.5\,m$$
$$S_3 = +\frac{2.50}{500} = +0.005 = +0.5\%$$

$$L_4 = 1900 - 1400 = 500.0\,m$$
$$D_4 = 162.5 - 170 = -7.5\,m$$
$$S_4 = -\frac{7.50}{500} = -0.015 = -1.5\%$$

$$L_5 = 2200 - 1900 = 300.0\ m$$

$$D_5 = 168 - 162.5 = 5.50\ m$$

$$S_5 = +\frac{5.50}{300} = +0,01833 = +1,833\%$$

ومن ثم نحسب عناصر المنحنيات الشاقولية ::

$$T_1 = R * \frac{|S_1 - S_2|}{2} = 20000 * \frac{|-0.009 - 0.015|}{2} = 60\ m$$

$$M_{o1} = \frac{T^2}{2R} = \frac{60^2}{2 * 20000} = 0.09\ m$$

وبنفس الطريقة والقوانين ::

$$T_2 = 150m\ , M_{o2} = 0.75\ m,$$

$$T_3 = 120\ m\ , M_{O3} = 0.60m\ ,$$

$$T_4 = 166.5m\ , M_{o4} = 1.39m$$

حساب مناسيب الأوتاد:

A) على الاستقامة: $H = H_0 \mp S * L$

L المسافة بين رأس مضلع الشاقولي و الوتد.

S الميل الطولي.

B) على المنحنيات: في حالة وقوع وتد ضمن منحني شاقولي. يحسب كما يلي:

$$H = H_0 \mp S * L$$

$$H_1 = H \mp Y; \quad Y = \frac{X^2}{2R}$$

حيث Y التصحيح الناتج عن إدخال المنحني الشاقولي ويأخذ إشارة + في المنحنيات المقعرة وإشارة – في المحدبة.

حيث تؤخذ x من بداية المنحني حنى الرأس ومن النهاية حتى الرأس.

مسألة:

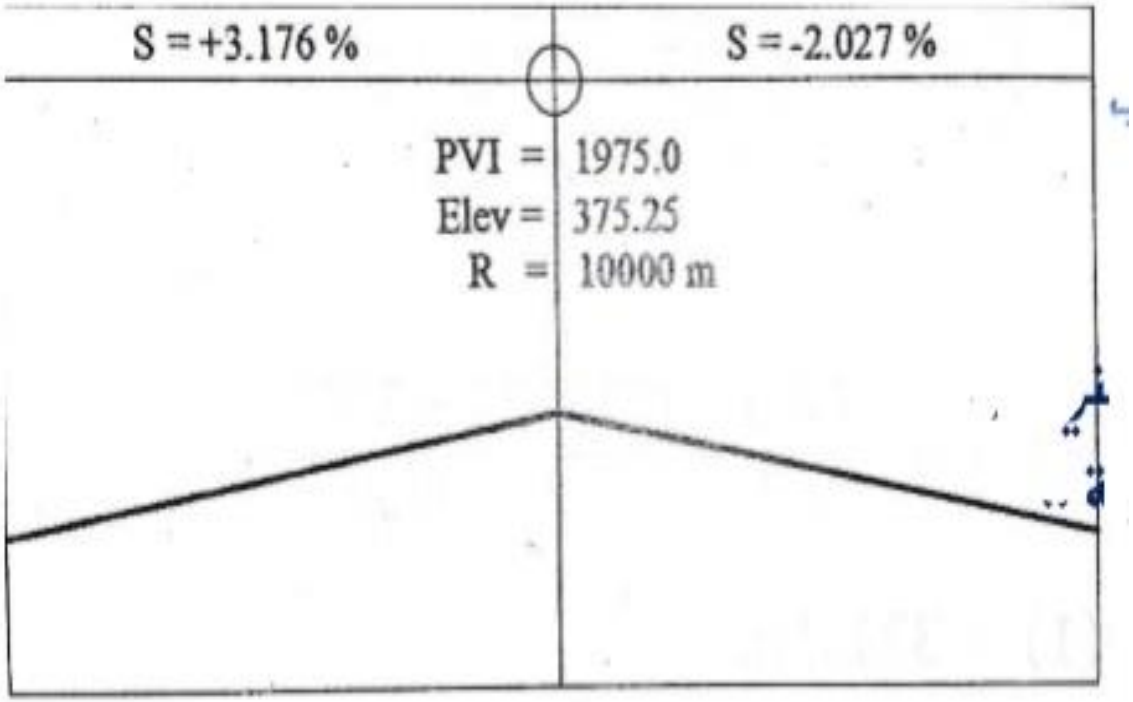
أثناء تصميم المقطع الطولي لدينا المنحني الراسي المبين بالشكل و المطلوب:

١ حساب عناصر المنحني الرأسي؟

٢ حساب المسافة الكلية لبداية المنحني و نهاية المنحني الراسي ؟

٣ حساب المناسب التصميمة عند المسافة التراكمية التالية :

2100 ، 1975 ، 1800 ، 1714.7



من الشكل نكتب المعطيات ::

$$R = 10000\,m\ ,\quad S_1 = +3.178\%\ ,\quad S_2 = -2.027\%\ ,\ Elve = 375.25m\ ,\ PVI = 1975m$$

$$T = R * \frac{|S_1 - S_2|}{2} = 10000 * \frac{|+3.178 - (-2.027)|}{2 * 100} = 260.25\,m$$

$$M_o = \frac{T^2}{2R} = \frac{260.25^2}{2 * 10000} = 3.38\,m$$

المسافة الكلية لبداية المنحني الراسي ::

$$sta(PVC) = PVI - T = 1975 - 260.25 = 1714.75\,m$$

المسافة الكلية لنهاية المنحني الراسي ::

$$Sta(PVT) = PVI + T = 1975 + 260.25 = 2235.25\,m$$

$$Sta(1) = 2100$$

$$Elev(1) = 375.25 - (2100 - 1975) * \frac{2.027}{100} - \frac{(2235.25 - 2100)^2}{2 * 10000} = 371.8\,m$$

$$Sta(2) = 1975 = Sta(PVI)$$

$$Elve(2) = 375,25 - 3.38 = 371.87\,m$$

$$Sta(3) = 1800$$

$$Elve(3) = 375.25 - (1975 - 1800) * \frac{3.176}{100} - \frac{(1800 - 1714.75)^2}{2 * 10000} = 369.33\ m$$

$$Sta(4) = 1714.7\ m$$

$1714.7 < 1714.75$ وبالتالي النقطة الرابعة تقع خارج المنحني الراسي ولا داعي للتصحيح y .

$$Elve(4) = 375.25 - (1975 - 1714.7) * \frac{3.176}{100} = 366.99\ m$$

انتهت المسألة ☺