

تقنيات الطرق

التصميم الأفقي للطرق

الوحدة الثانية : التصميم الأفقي للطرق

الجدارة:

يتعرف المتدرب في هذه الوحدة على مبادئ وخطوات التصميم الأفقي للطرق. حيث يتعلم كيفية حساب مسافات الرؤية اللازمة للإيقاف وللتجاوز ويتعرف على أنواع وعناصر المنحنيات الأفقية.

الأهداف:

عند الانتهاء من هذه الوحدة يكون للمتدرب القدرة على:

١. حساب مسافة الرؤية للتوقف.
٢. حساب مسافة الرؤية للتجاوز.
٣. معرفة أنواع المنحنيات الأفقية وعناصرها.
٤. حساب معدل رفع الظهر عن البطن عند المنحنيات الأفقية.
٥. قراءة المخططات التصميمية للطرق ومعرفة عناصرها المختلفة.

مستوى الأداء المطلوب: إتقان المتدرب لهذه الوحدة بنسبة لا تقل عن ٩٥ %.

الوقت المتوقع لإنهاء هذه الوحدة: ٤ ساعات.

متطلبات الجدارة: اجتياز حقيبة المساحة ومعرفة ما سبق دراسته في الوحدة الأولى.

التصميم الأفقي للطرق

٢- ١ مقدمة

يشمل مسار الطريق في المسقط الأفقي سلسلة متتالية من الخطوط المستقيمة يطلق عليها مماسات مربوطة ببعضها بواسطة منحنيات دائرية. ويعرف التصميم الأفقي للطريق على أنه عملية إيجاد الأبعاد الهندسية لكل طريق وترتيب العناصر المرئية للطريق مثل مسافات الرؤية والعروض والمنحنيات الأفقية.

٢- ٢ مسافة الرؤية

تعرف مسافة الرؤية بأنها أقل مسافة تحتاجها العربة للتوقف وهي تسير بسرعة تقترب من سرعة التصميم. وتؤثر مسافة الرؤية تأثيراً مباشراً على سلامة المرور وعلى سعة الطريق. وعليه فإن على المصمم أن يوفر مسافة رؤية كافية يستطيع السائق تجنب أي عوائق مفاجئة قد تقابله أثناء السير على الطريق. وتعد المنحنيات الأفقية والمنحنيات الرأسية وتقاطعات الشوارع من أكثر العوائق التي تؤثر على مسافة الرؤية. ولقد تم عرض المعادلات التالية لحساب مسافة الرؤية للتوقف ومسافة الرؤية للتجاوز بأمان.

٢- ٢- ١ مسافة الرؤية اللازمة للإيقاف (Stopping Sight Distance: SSD)

يفضل أن تكون مسافة الرؤية طويلة ما أمكن ذلك ويجب ألا تقل عن الحد الأدنى لمسافة التوقف في كل الأحوال، وتشمل هذه المسافة جزأين هما:

١. المسافة (S) التي تسيرها المركبة خلال فترة شعور السائق وخلال تشغيله للفرامل. ولأغراض تصميمية يؤخذ زمن الارتداد الشعوري مع زمن تشغيل الفرامل ٢,٥ ثانية، وعليه فإن:

$$S = 2.5V$$

حيث S : مسافة الرؤية للتوقف (بالمتر)، و V : سرعة العربة (بالمتر / ثانية).

٢. مسافة الفرملة (d) وتحسب كالتالي:

$$d = \frac{V^2}{2fg}$$

• في حالة طريق مستو:

حيث:

d : مسافة الفرملة (بالمتر).

g : عجلة الجاذبية الأرضية (بالمتر / ثانية مربع).

V : سرعة العربة (بالمتر / ثانية).

f : معامل الاحتكاك بين العجل وسطح الطريق (وتؤخذ ٠,٤).

$$d = \frac{V^2}{254(f \pm G)} \quad \bullet \text{ في حالة طريق مائل:}$$

حيث G نسبة الانحدار تقسيم ١٠٠.

وبذلك فإن أدنى مسافة للتوقف (SSD) بالنسبة للطرق من حارتين أو أكثر للمرور في اتجاه واحد أو

اتجاهين تحسب كالتالي:

$$SSD = S + d$$

$$SSD = 2.5V + \frac{V^2}{2fg} \quad \bullet \text{ في حالة طريق مستوية:}$$

$$SSD = 2.5V + \frac{V^2}{254(f + G)} \quad \bullet \text{ في حالة طريق مائل عند الصعود:}$$

$$SSD = 2.5V + \frac{V^2}{254(f - G)} \quad \bullet \text{ في حالة طريق مائل عند الهبوط:}$$

أما بالنسبة للطرق المكونة من حارة واحدة والمخصصة للمرور في اتجاهين فإن مسافة الرؤية تؤخذ

$2SSD$. الجدول (٢ - ١) يعطي بعض القيم لمسافة الرباط حسب مواصفات آشتو (AASHTO) في حالة

الرصف المبلل والرصف الجاف.

جدول (٢ - ١): مسافة الرباط.

في حالة الرصف الجاف		في حالة رصف المبلل		السرعة التصميمية (كم / الساعة)
مسافة الرباط (متر)	معامل الاحتكاك	مسافة الرباط (متر)	معامل الاحتكاك	
48	0.62	55	0.36	48
72	0.60	80	0.33	64
100	0.58	115	0.31	80
132	0.56	150	0.30	96
149	0.56	165	0.30	104
129	0.55	185	0.29	112
190	0.54	205	0.28	120
212	0.53	230	0.27	128

مثال:

احسب مسافة الرؤية للتوقف في حالة طريق مكون من حارتين ومرور في اتجاهين، علماً أن السرعة التصميمية ٦٠ كم / الساعة ومعامل الاحتكاك ٠,٤.

الحل:

V : سرعة العربة = ٦٠ كم / الساعة = ١٦,٦٧ م / ثانية.

f : معامل الاحتكاك بين العجل وسطح الطريق = ٠,٤.

$$SSD = 2.5V + \frac{V^2}{2fg} = 2.5 \times 16.67 + \frac{(16.67)^2}{2 \times 0.4 \times 9.81} = 77.08 m$$

مثال:

احسب مسافة الرؤية للتوقف لطريق مائل ب ٥ ٪ في حالة الهبوط وفي حالة الصعود، علماً أن السرعة التصميمية تساوي ٨٠ كم / الساعة ومعامل الاحتكاك ٠,٤.

الحل:

V : سرعة العربة = ٨٠ كم/الساعة = ٢٢,٢٢ م / ثانية.

f : معامل الاحتكاك بين العجل و سطح الطريق = ٠,٤.

G : نسبة الانحدار تقسيم ١٠٠ = ٠,٠٥

أ) مسافة الرؤية في حالة الهبوط:

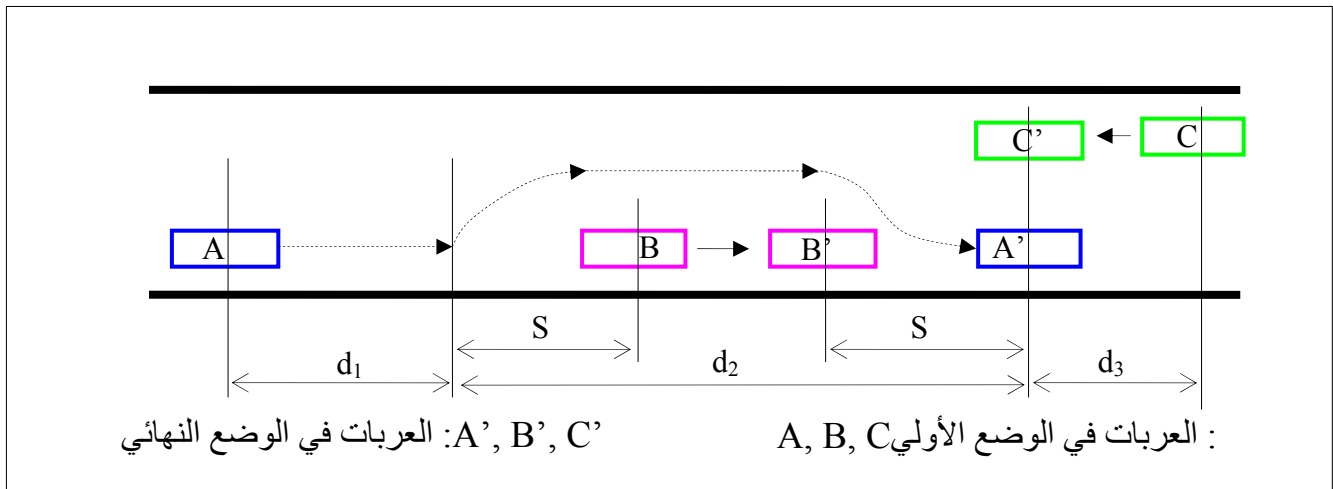
$$SSD = 2.5V + \frac{V^2}{254(f - G)} = 2.5 \times 22.22 + \frac{(22.22)^2}{254 \times (0.4 - 0.05)} = 61.10 m$$

ب) مسافة الرؤية في حالة الصعود:

$$SSD = 2.5V + \frac{V^2}{254(f + G)} = 2.5 \times (22.22) + \frac{(22.22)^2}{254 \times (0.4 + 0.05)} = 59.87 m$$

٢ - ٢ - ٢ مسافة الرؤية اللازمة للتجاوز (Passing Sight Distance: PSD)

وهي أقل مسافة كافية لإتمام عملية التجاوز بأمان للمركبات ويطلق عليها كذلك الحد الأدنى لمسافة التخطية. وتتوقف مسافة التجاوز في حالة طريق من حارتين على ثلاثة مراحل كما هو موضح في الشكل (٢ - ١).



شكل (٢ - ١): مسافة التجاوز.

١. المسافة الأولى (d_1): وهي المسافة التي تقطعها العربة خلال فترة التردد في العبور.
٢. المسافة الثانية (d_2): وهي المسافة التي تقطعها العربة خلال فترة التجاوز.
٣. المسافة الثالثة (d_3): وتمثل مقدار ما تقطعه العربة القادمة من الاتجاه الآخر خلال فترة التخطئة.
٤. المسافة الثالثة (d_4): وهي المسافة المقطوعة للعربة القادمة من الاتجاه الآخر خلال مرور العربة المتخطئة.

وتستخدم المعادلات التجريبية التالية لحساب كل من d_1 و d_2 و d_3 و d_4 :

$$d_1 = 0.84(V - M)$$

$$d_2 = 2S + 0.84(V - M)t$$

$$d_3 = 0.28t$$

$$d_4 = \frac{2}{3}d_2$$

$$S = 0.2(V - M) + 6$$

$$t = \sqrt{\frac{2.73 S}{a}}$$

حيث:

d_1 ، d_2 ، d_3 و d_4 بالمتر.

V : السرعة التصميمية (كم / الساعة).

a : معدل العجلة التسريعية للعربة المتجاوزة ويؤخذ عموماً ٤ كم / الساعة / ثانية.

M : مقدار النقص بين السرعة التصميمية والسرعة المفروضة للعربة المتخطئة، وتؤخذ ١٦ كم/الساعة.

وبذلك يتم حساب مسافة التجاوز (PSD) كما يلي:

$$PSD = d_1 + d_2 + d_3 + d_4$$

الجدول (٢ - ٢) يعطي بعض القيم التصميمية لمسافات التجاوز حسب مواصفات آشتو (AASHTO).

جدول (٢ - ٢): مسافة التجاوز التصميمية.

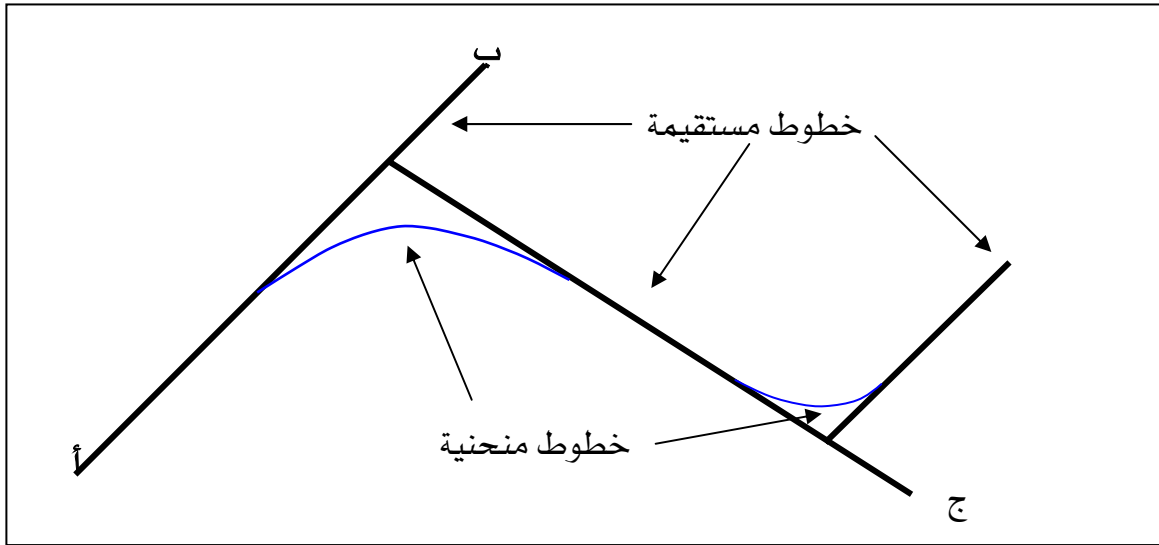
128	112	96	80	64	48	السرعة التصميمية (كم/ الساعة)
94	86	75	65	54	41	السرعة المفروضة للعربة المتخطاة (كم / الساعة)
110	102	91	82	70	58	السرعة المفروضة للعربة المتخطية (كم / الساعة)
835	675	640	550	460	335	مسافة التجاوز (متر)

٢ - ٣ التخطيط الأفقي للطريق

تتخصص أعمال التخطيط الأفقي في تصميم الأجزاء المستقيمة والأجزاء الدائرية المكونة للطريق، وذلك بحساب أطوال أضلاع المسارات وتحديد زوايا انحرافها ونقاط تقاطعها وتصميم المنحنيات الأفقية وتحديد أطوالها وحساب أنصاف أقطارها وميولها. ومن أهم العوامل التي تؤثر في التخطيط الأفقي هي السرعة التصميمية والمنحنيات الأفقية. وللحد من أخطار القيادة ولتوفير أكثر راحة للسائق يجب أن يكون التخطيط منتظماً بحيث يتجنب الانتقال المفاجئ من الأجزاء المستقيمة إلى المنحنيات الحادة أو الانتقال المفاجئ من المنحنيات المنبسطة إلى المنحنيات الحادة وتجنب المنحنيات المعكوسة.

٢ - ٣ - ١ المنحنيات الأفقية

في الكثير من الأحيان يواجه المصمم للطرق مهمة وصل الخطوط المستقيمة والمتقاطعة لمسار الطرق بمنحنيات غايتها تفادي التغيير المفاجئ في الاتجاه وتسهيل الانتقال التدريجي بين هذه الخطوط المتقاطعة. وتأخذ المنحنيات الأفقية أشكال أقواس دائرية أو حلزونية تربط بين الاتجاهين المستقيمين والمختلفين كما هو موضح في الشكل (٢ - ٢) والشكل (٣ - ٢)، وحتى لا تنتقل العربة من الاتجاه الأول (أب) إلى الاتجاه الثاني (ب ج) بشكل فجائي، فإن ذلك يحتاج إلى الانتقال التدريجي من خلال خط منحنى يربط الاتجاهين.



شكل (٢ - ٢): ربط خطوط مستقيمة بأقواس دائرية.



شكل (٣ - ٢): نموذج عن منحنيات أفقية.

ويمكن تقسيم المنحنيات الأفقية إلى:

١. منحنيات دائرية بسيطة مكونة من قوس دائري واحد يربط الخطين المستقيمين.
٢. منحنيات دائرية مركبة: حيث يتم ربط الخطين المستقيمين بأكثر من قوس دائري.
٣. منحنيات دائرية عكسية: حيث يتم ربط الخطين المستقيمين بعدة أقوس ليست في جهة واحدة.

وهناك عدة عوامل تؤثر في تخطيط المنحنيات الأفقية أهمها:

- طبوغرافية المنطقة.
- النقاط الحاكمة.

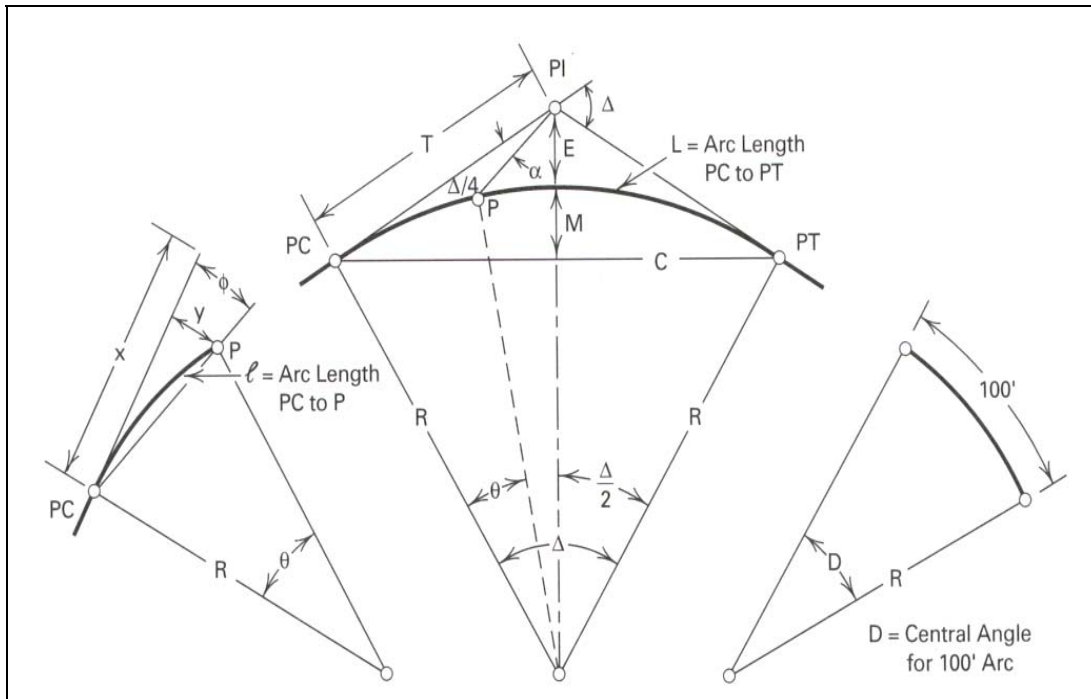
• وجود عوائق على المسار.

• وكذلك العوامل الاقتصادية.

وعند التصميم يجب الأخذ في الاعتبار العلاقة بين السرعة التصميمية، نصف قطر المنحنى وقوة الطرد المركزية. وفي حالة التصميم للسرعات العالية يفضل أن تكون المنحنيات طويلة ومنبسطة ذات أنصاف أقطار كبيرة لتفادي قوى الطرد المركزية العالية. كما يفضل استخدام منحنيات انتقالية لربط الأجزاء المستقيمة من الطريق بالأجزاء الدائرية لضمان الانتقال التدريجي بينها.

٢ - ٣ - ٢ عناصر المنحنيات الدائرية

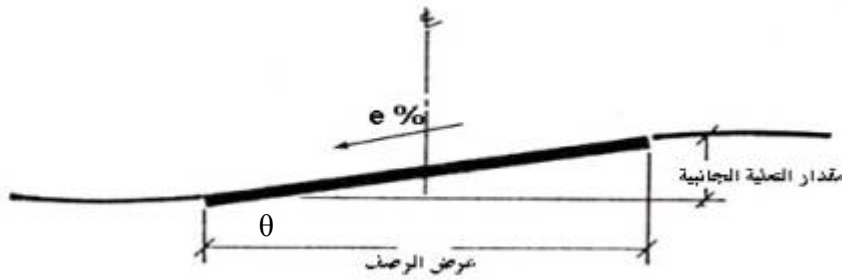
يوضح الشكل (٢ - ٤) العناصر اللازمة حسابها لتوقيع المنحنيات الدائرية:



شكل (٢ - ٤): عناصر المنحنى الدائري.

٢- ٣- ٣ رفع الظهر عن البطن

تتعرض المركبة عند مرورها على المنحنيات الأفقية إلى قوى طرد مركزية تؤثر عند مركز ثقلها وتولد عزم انقلاب يحاول دفعها إلى خارج الطريق. وقد يؤدي هذا العزم إلى قلب المركبة إذا تعدى عزم الثبات الناتج من وزن المركبة. ولمقاومة عزم الانقلاب يتم رفع الحافة الخارجية للطريق عن الحافة الداخلية بمعدل يسمح باستقرار المركبات وهو ما يعرف بارتفاع ظهر المنحنى كما هو مبين في الشكل (٢- ٥). وفي حالة المنحنيات ذات أنصاف الأقطار الكبيرة جداً يمكن إهمال رفع الظهر.



شكل (٢- ٥): ارتفاع ظهر المنحنى.

ويتم حساب معدل ارتفاع ظهر المنحنى من خلال العلاقة التالية:

$$e + f = \frac{V^2}{127 R}$$

حيث:

e : معدل ارتفاع ظهر المنحنى.

V : السرعة التصميمية (كم / الساعة).

R : نصف قطر المنحنى (متر).

f : معامل الاحتكاك الجانبي للطريق.

وتؤخذ قيم f من الجدول (٢- ٣) بناء على مواصفات هيئة آشتو (AASHTO).

جدول (٢ - ٣): قيم f التصميمية حسب مواصفات آشتو.

السرعة التصميمية (كم / ساعة)	f
٣٠	٠,١٧
٤٠	٠,١٧
٥٠	٠,١٦
٦٠	٠,١٥
٧٠	٠,١٤
٨٠	٠,١٤
٩٠	٠,١٣
١٠٠	٠,١٢
١١٠	٠,١١
١٢٠	٠,٠٩

مثال:

إذا كان نصف قطر منحنى دائري ١٠٠ متر والسرعة التصميمية للطريق ٨٠ كم / الساعة، أوجد معدل ارتفاع ظهر المنحنى.

الحل:

$$V = 80 \text{ كم / الساعة} \quad R = 100 \text{ متر} \quad f = 0.14$$

معدل ارتفاع ظهر المنحنى:

$$e = \frac{V^2}{127 R} - f = \frac{80^2}{127 \times 100} - 0.14 = 0.364$$

٢ - ٣ - ٤ طرق التوصل إلى ارتفاع الظهر عن البطن

يحسب معدل ارتفاع ظهر المنحنى من الناحية العملية على أساس ٧٥ ٪ من السرعة التصميمية بحيث

لا يتعدى (1/15) مع إهمال الاحتكاك الجانبي. ويتم ذلك باتباع الخطوات التالية:

١. يتم حساب معدل ارتفاع الظهر عند ٧٥ ٪ من السرعة التصميمية مع إهمال الاحتكاك الجانبي:

$$e = \frac{(0.75 V)^2}{127 R}$$

٢. إذا كانت قيمة e أقل من $(1/15)$ فتؤخذ القيمة المتحصل عليها في الخطوة الأولى.

٣. إذا كانت قيمة e أكبر من $(1/15)$ فيفترض أنها تساوي $(1/15)$ وتراجع قيمة معامل الاحتكاك الجانبي f حسب السرعة التصميمية أي:

$$f = \frac{V^2}{127 R} - e$$

٤. إذا كانت قيمة f أقل من (0.15) فإن معدل ارتفاع ظهر المنحنى مناسب.

٥. إذا كانت قيمة f أكبر من (0.15) فتجب مراجعة السرعة المسموح بها (V_a) بتطبيق المعادلة:

$$e + f = \frac{1}{15} + 0.15 = \frac{V_a^2}{127 R}$$

٦. إذا كانت السرعة المسموح بها أكبر من السرعة التصميمية تؤخذ قيمة e تساوي $(1/15)$.

٧. إذا كانت السرعة المسموح بها أقل من السرعة التصميمية فتجب مراجعة تخطيط المنحنى باختيار نصف قطر أكبر.

مثال:

إذا كان نصف قطر منحنى يساوي ٥٠٠ متر والسرعة التصميمية تساوي ١٠٠ كم/الساعة، احسب معدل ارتفاع ظهر هذا المنحنى.

الحل:

$$e = \frac{(0.75 V)^2}{127 R} = \frac{(0.75 \times 100)^2}{127 \times 500} = 0.088$$

وبما أن هذه القيمة أكبر من (1/15) فنفترض e تساوي (1/15) ويجب التحقق من قيمة معامل الاحتكاك الجانبي f:

$$f = \frac{V^2}{127 R} - \frac{1}{15} = \frac{100^2}{127 \cdot 500} - 0.067 = 0.09$$

وبما أن قيمة f أقل من ٠,١٥ فإن التصميم ملائم بمعدل رفع ظهر المنحنى = (1/15).

مثال:

احسب أقصى سرعة يسمح بها للسير على منحنى في حالة التقييد بالمعدل الأقصى لارتفاع الظهر علما أن نصف قطر المنحنى يساوي ٢٠٠ متر والسرعة التصميمية تساوي ١٠٠ كم / الساعة.

الحل:

$$e + f = \frac{1}{15} + 0.15 = \frac{V_a^2}{127 R}$$

$$\frac{V_a^2}{127 R} = 0.217$$

$$V_a^2 = 0.217 \times 127 \times R$$

$$V_a^2 = (0.217) \times (127) \times (200) = 2755.9$$

$$V_a = 52.5 \text{ km / h}$$

٢- ٣- ٥ حساب نصف قطر المنحنى الدائري

عادة ما تعرف درجة حدة المنحنى الدائري بنصف قطره. ويحسب الحد الأدنى المطلق لنصف القطر المسموح به على أساس السرعة التصميمية باستخدام العلاقة التالية:

$$e + f = \frac{1}{15} + 0.15 = \frac{V^2}{127 R}$$

$$R = \frac{V^2}{27.5}$$

ويحسب نصف القطر الحاكم الذي يفضل أن يكون أكبر من الحد الأدنى المطلق باستخدام العلاقات التالية:

- في حالة طرق بالمناطق المسطحة:

$$R_{rolling} = \frac{(V + 16)^2}{27.5}$$

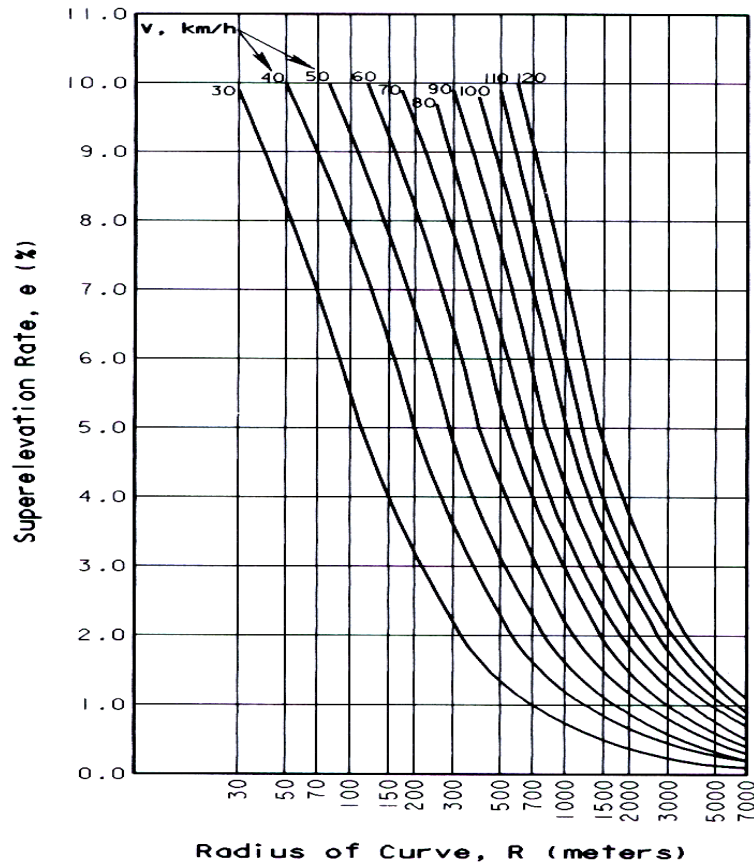
- في حالة طرق بالمناطق الجبلية:

$$R_{rolling} = \frac{(V + 8)^2}{27.5}$$

وقد أعطت جمعية أشتو الأمريكية جداول ومنحنيات تصميمية تستخدم لحساب أنصاف أقطار المنحنيات الأفقية الدائرية حسب السرعات التصميمية ومعدلات ارتفاع ظهر المنحنى، كما هو مبين في الجدول (٢- ٤) وفي الشكل (٢- ٦).

جدول (٢- ٤): الحد الأدنى المطلق لنصف القطر حسب مواصفات آشتو الأمريكية.

R (m)				f	V (km/h)
$e = 0.10$	$e = 0.08$	$e = 0.06$	$e = 0.04$		
25	30	30	35	0.17	30
45	50	50	60	0.17	40
75	80	90	100	0.16	50
115	125	135	150	0.15	60
160	175	195	215	0.14	70
210	230	250	280	0.14	80
275	305	335	375	0.13	90
360	395	435	490	0.12	100
455	500	560	635	0.11	110
595	665	755	870	0.09	120



شكل (٢ - ٦): تصميم نصف قطر المنحنى ومعدل ارتفاع ظهر المنحنى كما توصي به هيئة آشتو.

مثال:

احسب نصف قطر منحنى على طريق بمنطقة مسطحة علماً أن السرعة التصميمية للطريق تساوي ١١٠ كم / الساعة.

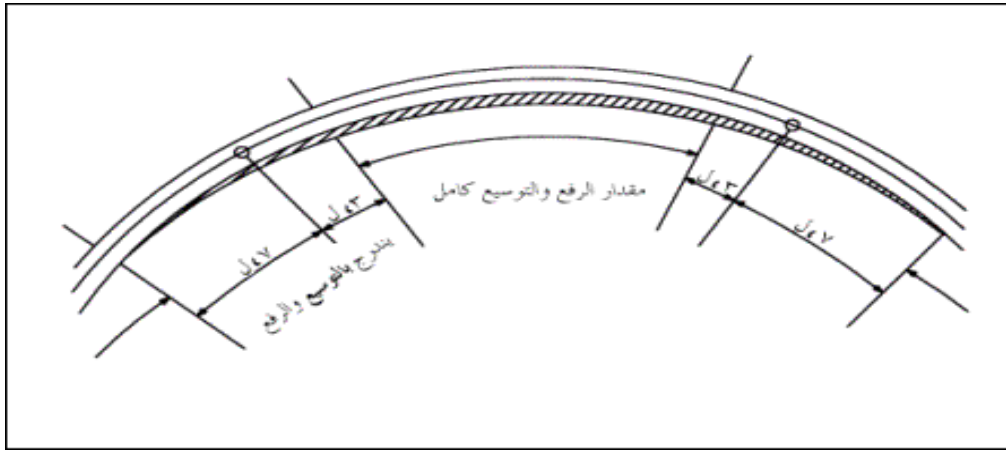
الحل:

• الحد الأدنى المطلق لنصف القطر المسموح به: $R = \frac{V^2}{27.5} = \frac{110^2}{27.5} = 440 \text{ m}$

• نصف القطر الحاكم: $R_{rolling} = \frac{(V + 16)^2}{27.5} = \frac{(110 + 16)^2}{27.5} = 577 \text{ m}$

٢- ٣- ٦ توسيع المنحنيات

من المناسب توفير زيادة الرصف عند المنحنيات كما هو مبين في الشكل (٢- ٧) حتى يهيئ ظروف قيادة مشابهة للطريق المستقيم ويضمن ثبات واستقرار المركبات على المنحنى ويسهل إمكانية التجاوز بأمان. والجدول (٢- ٥) يعطي بعض القيم الإرشادية للزيادة في توسيع المنحنيات، وكما هو مبين فكلما كان المنحنى حادا كلما كانت الزيادة معتبرة.



شكل (٢- ٧): زيادة الرصف على المنحنيات.

جدول (٢- ٥): بعض القيم الإرشادية للزيادة في توسيع المنحنيات.

أكبر من ٩٠٠	٩٠٠ - ٣٠١	١٥١ - ٣٠٠	٦٠ - ١٥٠	٦٠ إلى	نصف قطر المنحنى (متر)
-	٠,٣	٠,٦	٠,٩	١,٢	الزيادة (متر)

٢- ٤ معايير عامة على التخطيط الأفقي للطريق

- يجب أن يكون التخطيط متماسكاً مع طبوغرافية المنطقة وموجهاً للسير في نفس الاتجاه قدر الإمكان، لأن مثل هذا التصميم مرغوب من الوجهة الإنشائية و الصيانة.
- يجب أن يكون التخطيط متناسقاً قدر الإمكان، فلا يتم عمل منحنيات شديدة في نهاية أطوال كبيرة مستقيمة، كما لا يعمل تغيير مفاجئ من منحنيات منبسطة إلى منحنيات حادة، وعندما يستلزم الأمر إدخال منحنى حاد فيكون الدخول عليه إذا أمكن ذلك بواسطة منحنيات انتقالية متتالية تبدأ من الانحناء السهل العام ثم تزداد شدة المنحنى بالتدرج لضمان الانتقال التدريجي.
- يجب على المصمم محاولة استخدام المنحنيات المنبسطة بوجه عام وأن يتجنب المنحنيات الحادة، وفي حالة التصميم للسرعات العالية فلا بد من استخدام المنحنيات الطويلة والمنبسطة ذات أنصاف أقطار كبيرة لتفادي قوى الطرد المركزية العالية.
- في الأماكن المستوية من المملكة يجب ألا يقل نصف قطر المنحنى الأفقي في الطرق السريعة عن ٥٠٠ متر ويفضل أن يكون في حدود ١٠٠٠ متر.
- في حالة الجسور العالية الطويلة يجب استخدام المنحنيات المنبسطة فقط.
- يجب مراعاة الحذر عند استخدام المنحنيات الدائرية المركبة، والأفضل تجنب استخدامها.
- يجب اجتناب أي تغيير عكسي مفاجئ في التخطيط، لأن مثل هذا التغيير يجعل من الصعب على السائق أن يلزم حارة المرور الخاصة به، كما أنه من الصعب عمل رفع جانبي كافٍ للطريق في كلا الانحناءين وقد ينتج عن ذلك حركات خاطئة وخطيرة، ويمكن تصميم انحناء عكسي مناسب في التخطيط بعمل مماس ذي طول كاف بين الانحناءين للانتقال التدريجي في الرفع الجانبي، ولا يقل طوله عن ٤٠ متر.
- يجب اجتناب عمل منحنيات ذات شكل منكسر أي انحناءين متتالين في نفس الاتجاه بينهما مماس قصير، لأن مثل هذا التخطيط فيه خطورة، وتنتج هذه الخطورة من أن معظم السائقين لا يتوقعون أن تكون المنحنيات المتتالية لها نفس الاتجاه، أما الحالة السائدة وهي انعكاس الاتجاه في منحنين متتالين فهي تولد في السائقين العادة على اتباعها بطريقة تكاد تكون لا شعورية.
- يجب مراعاة الترابط بين التخطيط الأفقي والقطاع الطولي اجتناباً لظهور أي اعوجاج مخل بالتناسق، وهذا الترابط بين التخطيطين الأفقي والرأسي ضرورة حتمية كي نحصل في النهاية على تصميم جيد التوازن.

أسئلة :

- (١) عرف مسافة الرؤية وعدد أنواعها ومتطلبات كل منها؟
- (٢) احسب مسافة الرؤية للتوقف في حالة طريق مكون من حارتين ومرور في اتجاهين، علماً أن السرعة التصميمية للطريق تساوي ١٠٠ كم / الساعة ومعامل الاحتكاك ٠,٤.
- (٣) احسب مسافة الرؤية لطريق مائل ب ٥ ٪ في حالة الهبوط وفي حالة الصعود، علماً أن السرعة التصميمية تساوي ٩٠ كم / الساعة ومعامل الاحتكاك ٠,٤.
- (٤) إذا كانت السرعة التصميمية لطريق تساوي ١٠٠ كم / الساعة، فاحسب مسافة الرؤية للتجاوز؟
- (٥) عرف التخطيط الأفقي للطريق؟
- (٦) عرف المنحنيات الأفقية مع ذكر أنواعها؟
- (٧) احسب نصف قطر منحنى على طريق بمنطقة مسطحة علماً أن السرعة التصميمية للطريق تساوي ١١٠ كم / الساعة.
- (٨) اشرح لماذا يتم رفع ظهر المنحنيات الأفقية؟
- (٩) إذا كان نصف قطر منحنى يساوي ٥٠٠ متروالسرعة التصميمية تساوي ٩٠ كم / الساعة، فاحسب معدل ارتفاع الظهر لهذا المنحنى.
- (١٠) اذكر أهم المعايير التي يجب أخذها في الاعتبار عند التخطيط الأفقي للطرق؟