



۳

---

---

## معیارهای طراحی افقی راهها

## فصل سوم - معیارهای طراحی افقی راهها

### ۱-۳ - فواصل دید

فاصله دید عبارت است از طولی از راه که در جلو راننده قابل رویت است. تامین فاصله ی دید کافی برای کنترل سرعت خودرو و اجتناب از برخورد با موانع غیر منتظره از اهمیت خاصی برخوردار است. در طرح هندسی راه در تمام طول مسیر باید دید کافی برای رانندگان تامین شود.

فواصل دید به سه دسته زیر تقسیم بندی می گردد:

الف - فاصله دید توقف

ب - فاصله دید سبقت

ج - فاصله دید انتخاب

### ۱-۱-۳ - فاصله دید توقف

عبارت است از مسافتی که خودرو در حال حرکت با سرعت طرح پس از مشاهده مانع توسط راننده، و ترمز کردن، در مسیر خود طی می کند تا قبل از برخورد با مانع متوقف شود. فاصله دید مجموع دو فاصله است:

مسافت طی شده پس از ترمز کردن + مسافت طی شده در مدت مشاهده، تصمیم گیری و واکنش

مدت زمان مشاهده، تصمیم گیری و واکنش بستگی به عوامل زیر دارد:

- مهارت و هوشیاری راننده

- سرعت خودرو

- نوع خودرو

- نوع و رنگ و شرایط مانع

- فاصله از مانع

- نوع و شرایط راه

- شرایط دید از لحاظ جوی

در طراحی، زمان تصمیم گیری و واکنش ۲,۵ ثانیه در نظر گرفته می شود بنابراین مسافت طی شده برابر خواهد بود با:

$$S_1 = V \times t = \left( V \times \frac{1000}{3600} \right) \times 2.5 = 0.695 \frac{V}{\text{km/hr}}$$

(بر حسب متر)

$$S_2 = \frac{V^2}{254(F \pm G)}$$

فاصله ترمز (مسافت طی شده پس از ترمز کردن):

$S_2$  = فاصله ترمز بر حسب متر

$V$  = سرعت طرح بر حسب کیلومتر در ساعت

$F$  = ضریب اصطکاک در امتداد حرکت در روسازی خیس که از جدول ۵-۱ به دست می آید (برای

امتداد افقی)

$G$  = قدر مطلق شیب راه که مقدار آن در سربالایی مثبت و در سرپایینی منفی خواهد بود.

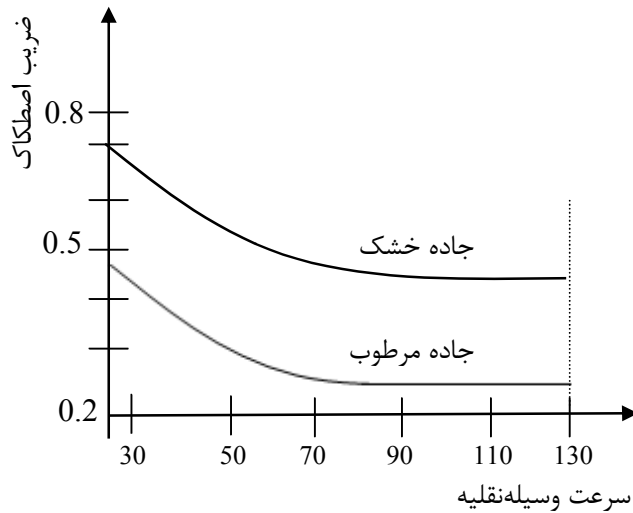
جدول ۵-۱ ضریب اصطکاک و فاصله دید توقف

| فاصله دید توقف گردشده<br>برای طراحی (متر) |         | فاصله ترمز (متر) |         | ضریب اصطکاک | سرعت حرکت<br>(کیلومتر در ساعت) | سرعت طرح<br>(کیلومتر در ساعت) |
|---|---------|------------------|---------|-------------|--------------------------------|-------------------------------|
| حد پایین                                  | حد بالا | حد پایین         | حد بالا |             |                                |                               |
| ۳۰  | ۳۰      | ۹                | ۹       | ۰/۴۰        | ۳۰                             | ۳۰                            |
| ۴۵  | ۴۵      | ۱۷               | ۱۷      | ۰/۳۸        | ۴۰                             | ۴۰                            |
| ۶۰  | ۶۵      | ۲۵               | ۲۸      | ۰/۳۵        | ۴۷                             | ۵۰                            |
| ۷۵  | ۸۵      | ۳۶               | ۴۳      | ۰/۳۳        | ۵۵                             | ۶۰                            |
| ۹۵  | ۱۱۰     | ۵۰               | ۶۲      | ۰/۳۱        | ۶۳                             | ۷۰                            |
| ۱۱۰                                       | ۱۳۵     | ۶۴               | ۸۴      | ۰/۳۰        | ۷۰                             | ۸۰                            |
| ۱۳۰                                       | ۱۶۵     | ۷۸               | ۱۰۶     | ۰/۳۰        | ۷۷                             | ۹۰                            |
| ۱۶۰                                       | ۲۰۰     | ۹۸               | ۱۳۵     | ۰/۲۹        | ۸۵                             | ۱۰۰                           |
| ۱۸۰                                       | ۲۴۵     | ۱۱۶              | ۱۷۰     | ۰/۲۸        | ۹۱                             | ۱۱۰                           |
| ۲۵۰                                       | ۳۳۵     | ۱۷۸              | ۲۴۸     | ۰/۲۶۸       | ۱۱۰                            | ۱۳۰                           |

پس در مجموع فاصله ی دید توقف از رابطه ی زیر به دست می آید:

$$S = S_1 + S_2 = 0.695V + \frac{V^2}{254(F \pm G)}$$

توجه شود که ضریب اصطکاک تابعی از سرعت حرکت است.

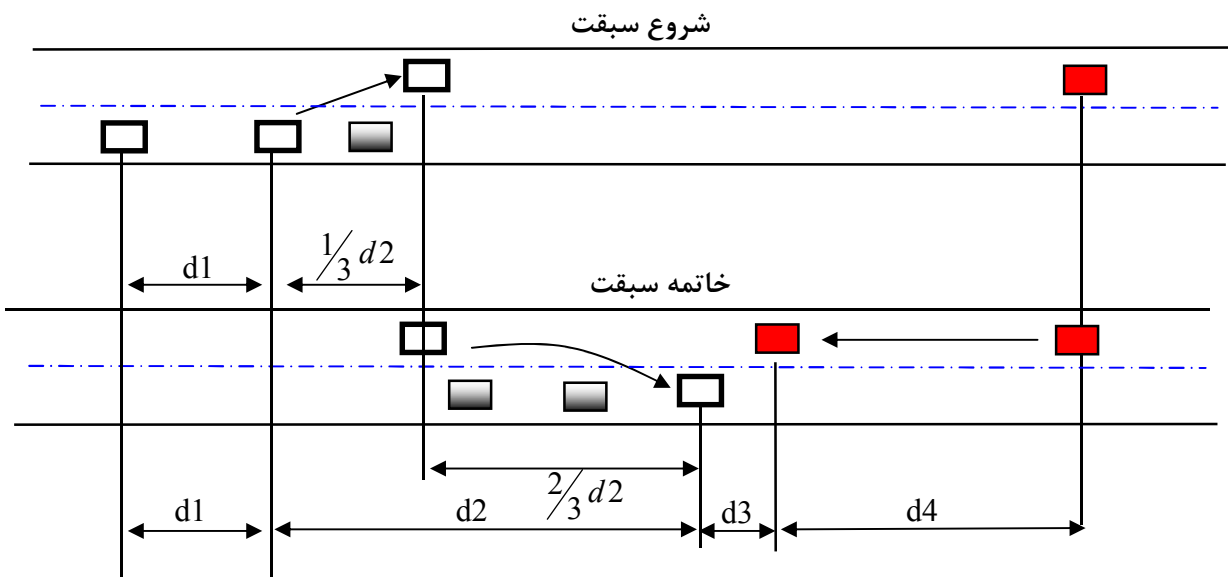


-**توجه:** فاصله دید توقف باید بزرگتر یا مساوی فاصله ی دید راننده (با ارتفاع ۱۰۷ سانتیمتر از سطح راه) از مانع احتمالی واقع بر سطح راه (با ارتفاع ۱۵ سانتیمتر) باشد.

### ۳-۱-۲ - فاصله دید سبقت

فواصل دید سبقت، فقط برای راههای دو خطه دو طرفه مدنظر است ولی در برخی از محل های بحرانی راه، تعریض راه به ۳ یا ۴ خط عبور از تامین فاصله دید سبقت اقتصادی تر است. فاصله دید سبقت عبارت است از کمترین فاصله لازم برای اینکه یک وسیله نقلیه بتواند از خط خود خارج شده و با سرعت مناسب و در شرایط ایمن بدون برخورد با خودرو مقابل از خودرو جلوتر سبقت بگیرد.

فاصله دید سبقت بر این اساس تعیین می شود که ارتفاع چشم راننده از سطح راه ۱۰۷ سانتی متر و ارتفاع مانع (خودرو مقابل) ۱۳۰ سانتیمتر است.



$d_1$  = مسافتی که راننده خود را جهت سبقت گرفتن آماده می کند.  
 $d_2$  = مسافتی که اتومبیل سبقت گیرنده خط خود را عوض کرده و از اتومبیل جلویی سبقت گرفته و به خط خود برمی گردد.  
 $d_3$  = فاصله ای که پس از اتمام سبقت بین خودروی سبقت گیرنده و خودرویی که در جهت مقابل حرکت می کند وجود دارد.  
 $d_4$  = برابر  $\frac{2}{3} d_2$  در نظر گرفته می شود.  
 فاصله دید سبقت در راههای دو خطه دو طرفه، با در نظر گرفتن فواصل طی شده ی خودروی در حال سبقت و خودروی در حال حرکت در جهت مقابل به دست می آید :

$$d_1 = 0.278t_1(V - m + \frac{at_1}{2}) \quad (\text{بر حسب متر } d_1)$$

$t_1$  = زمان اولیه قسمت حرکت در لحظه تصمیم گیری به سبقت (3.7-4.3 sec)

$V$  = سرعت متوسط خودروی سبقت گیرنده ( $\text{km/hr}$ )

$m$  = اختلاف سرعت خودروی سبقت گیرنده و خودروی سبقت گرفته شده ( $\text{km/hr}$ )

$$a = (2.26 - 2.35 \frac{\text{km}}{\text{h/Sec}}) \quad \text{= شتاب متوسط}$$

$$d_2 = 0.278 Vt_2 \quad (\text{بر حسب متر } d_2)$$

$t_2$  = مدت زمانی که خودروی سبقت گیرنده خط سمت چپ را اشغال می نماید (9.3-10.4Sec)

$V$  = سرعت متوسط اتومبیل سبقت گیرنده ( $\text{km/hr}$ )

( $d_2$  بر حسب متر )

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

بنابراین فاصله دید سبقت عبارت است از:

$$d = d_1 + d_2 + d_3 + d_4$$

حداقل فاصله دید سبقت در جدول ۵-۸ داده شده است و در صورت استفاده از آن دیگر نیازی به استفاده از فرمول ها نیست.

جدول ۵-۸ حداقل فاصله دید سبقت

| حد اقل فاصله دید سبقت<br>(متر) | سرعت طرح<br>(کیلومتر در ساعت) |
|--------------------------------|-------------------------------|
| ۲۱۷                            | ۳۰                            |
| ۲۸۵                            | ۴۰                            |
| ۳۴۵                            | ۵۰                            |
| ۴۰۷                            | ۶۰                            |
| ۴۸۲                            | ۷۰                            |
| ۵۴۱                            | ۸۰                            |
| ۶۰۵                            | ۹۰                            |
| ۶۷۰                            | ۱۰۰                           |
| ۷۲۸                            | ۱۱۰                           |
| ۸۵۵                            | ۱۳۰                           |

موارد استفاده محاسبه فاصله دید توقف و فاصله دید سبقت:

- ۱- برای تعیین مشخصات قوسهای قائم .
- ۲- برای تعیین مشخصات قوسهای افقی یا تعیین مقدار عقب‌نشینی جانبی.
- ۳- علامت‌گذاری جاده برای مشخص کردن طولهایی که در آنها عمل سبقت‌گیری امکان‌پذیر است.
- ۴- تعیین درصدی از طول راه که در آن فاصله دید کمتر از حداقل فاصله دید سبقت است و این در محاسبه گنجایش راه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد.

### ۳-۱-۳- فاصله ی دید انتخاب

در محل های خاصی از راه (به‌ویژه در راههای با سرعت طرح بالا) در حوالی تقاطع، تبادل، محل‌های استراحت و در محل رابط ها به منظور اجتناب از واکنش های آنی توام با خطای راننده، بهتر

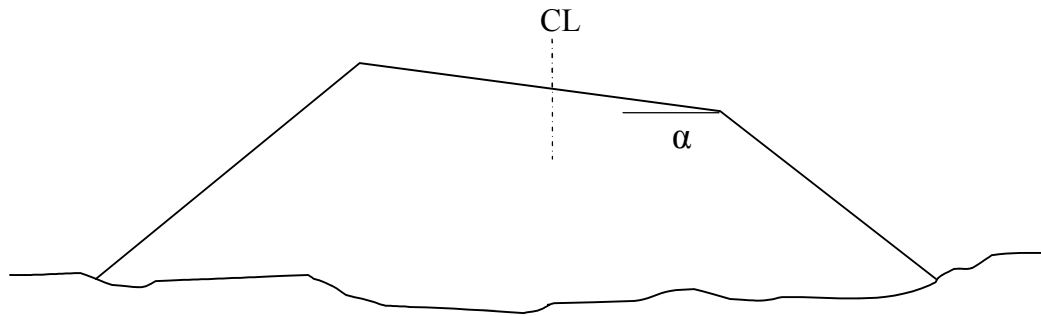
است فاصله دیدی بزرگتر از فاصله دید توقف پیش بینی شود. این فاصله را فاصله دید انتخاب می نامند که در جدول ۱۱-۵ مشخص شده است.

جدول ۱۱-۵ فواصل دید انتخاب

| فاصله دید انتخاب (متر) | سرعت طرح (کیلومتر در ساعت) |
|------------------------|----------------------------|
| ۱۴۵                    | ۵۰                         |
| ۱۷۵                    | ۶۰                         |
| ۲۰۰                    | ۷۰                         |
| ۲۳۰                    | ۸۰                         |
| ۲۷۵                    | ۹۰                         |
| ۳۱۵                    | ۱۰۰                        |
| ۳۳۵                    | ۱۱۰                        |
| ۴۱۵                    | ۱۳۰                        |

### ۲-۳- برابندی (دور) Super elevation

در قوسها خودروها تحت اثر نیروی گریزاز مرکز قرار می‌گیرند. برای تأمین ایمنی و راحتی سرنشینان سطح جاده را در قوس‌ها به صورت شیبدار به داخل قوس در نظر می‌گیرند که آن را برابندی یا دور می‌نامند. با استفاده از شیب عرضی یکسره (برابندی) می‌توان در مقطع راه، بین نیروی اصطکاک جانبی چرخ و روسازی و مولفه ی وزن خودرو در امتداد برابندی با نیروی گریزاز مرکز تعادل ایجاد کرد.



با نوشتن رابطه تعادل می‌توان به راحتی اثبات نمود که برای تعادل باید داشته باشیم:

$$e = \frac{V^2}{127.2R} - f \quad \text{یا} \quad R = \frac{V^2}{127.2(e + f)}$$

$e$  = مقدار برابندی بر حسب (m/m) (در واقع  $\alpha$ )

$f$  = ضریب اصطکاک جانبی لاستیک چرخ با سطح جاده

$V$  = سرعت طرح بر حسب (km/hr)

$R$  = شعاع پیچ بر حسب (m)

مقدار ضریب اصطکاک جانبی بستگی به عوامل زیر دارد:

- سرعت خودرو
- وضعیت لاستیک چرخ‌های خودرو .
- نوع روسازی (زبری یا صافی سطح راه) .
- شرایط راه از نظر خشک یا تر یا یخ‌زده بودن.

در جدول ۵-۱۲ ضریب اصطکاک جانبی برای سرعت‌های طرح مختلف داده شده است.



جدول ۵-۱۲ ضریب‌های اصطکاک جانبی

| ضریب اصطکاک جانبی<br>(f) | سرعت طرح<br>(کیلومتر در ساعت) |
|--------------------------|-------------------------------|
| ۰/۱۷                     | ۳۰                            |
| ۰/۱۷                     | ۴۰                            |
| ۰/۱۶                     | ۵۰                            |
| ۰/۱۵                     | ۶۰                            |
| ۰/۱۴                     | ۷۰                            |
| ۰/۱۴                     | ۸۰                            |
| ۰/۱۳                     | ۹۰                            |
| ۰/۱۲                     | ۱۰۰                           |
| ۰/۱۱                     | ۱۱۰                           |
| ۰/۰۹                     | ۱۲۰                           |
| ۰/۰۸                     | ۱۳۰                           |

### ۳-۲-۱- مقادیر حداکثر بریلندی

- مقادیر حداکثر بریلندی به عوامل زیر بستگی دارد:
- الف - شرایط جوی منطقه (دفعات تکرار و مقدار برف و یخ) .
  - ب - نوع راه (کوهستانی، تپه ماهور، دشت) .
  - ج - درصد خودروهای سنگین و کندرو .
  - د - محدودیت‌های طراحی از لحاظ تأمین فضای کافی برای اعمال بریلندی و شرایط تخلیه آب‌های سطحی.

با توجه به موارد فوق، مقادیر بریلندی نباید از مقادیر زیر تجاوز نماید:

- راه‌های دوخطه و راه‌های جانبی و مناطق که در معرض برف و یخبندان نیست  $e_{\max} = 12\%$
  - آزادراه‌ها و بزرگراه‌ها  $e_{\max} = 10\%$
  - در مناطق با ارتفاع بیش از هزار متر از سطح دریا و در شرایط برف و یخبندان  $e_{\max} = 8\%$  (بریلندی زیاد در مناطق یخبندان باعث سرخوردن جانبی وسایل نقلیه کندرو می‌گردد.)
  - در مناطق حومه شهری به دلیل امکان توسعه آتی شهر و کاهش سرعت طرح، بهتر است ۶٪ در نظر گرفته شود.
- حدود شعاع پیچ و سرعت طرح در ارتباط با مقادیر بریلندی در جدول ۵-۱۳ منعکس شده است.

در مواردی که محدودیت خاص طراحی، انتخاب مقادیر بریلندی متفاوتی را الزامی کند، می‌توان با

کاربرد رابطه ی  $e = \frac{V^2}{127.2R} - f$  سرعت طرح یا شعاع پیچ را تعیین کرد.

مقادیر شعاع حداقل برای سرعت طرح و مقادیر بریلندی مختلف در جدول ۵-۱۴ آمده اند.

جدول ۵-۱۳ حدود شعاع پیچ و سرعت طرح براساس بریلندی

| مقدار بریلندی<br>(درصد) | شعاع پیچ (R)<br>(متر)   | سرعت طرح (V)<br>(کیلومتر در ساعت) |
|-------------------------|-------------------------|-----------------------------------|
| ۱۲٪                     | ≈ ۱۹۰                   | $V \leq ۸۰$                       |
| ۱۱٪                     | $۱۹۱ \leq R \leq ۲۶۰$   | $۸۰ < V < ۹۰$                     |
| ۱۰٪                     | $۲۶۱ \leq R \leq ۳۳۵$   | $۹۰ < V < ۱۰۰$                    |
| ۹٪                      | $۳۳۶ \leq R \leq ۴۱۰$   | $۱۰۰ < V < ۱۰۵$                   |
| ۸٪                      | $۴۱۱ \leq R \leq ۴۹۰$   | $۱۰۵ < V < ۱۱۰$                   |
| ۷٪                      | $۴۹۱ \leq R \leq ۵۸۰$   | $V > ۱۱۰$                         |
| ۶٪                      | $۵۸۱ \leq R \leq ۶۷۰$   | $V > ۱۱۰$                         |
| ۵٪                      | $۶۷۱ \leq R \leq ۸۲۵$   | $V > ۱۱۰$                         |
| ۴٪                      | $۸۲۶ \leq R \leq ۱۰۶۵$  | $V > ۱۱۰$                         |
| ۳٪                      | $۱۰۶۶ \leq R \leq ۱۳۷۰$ | $V > ۱۱۰$                         |
| ۲٪                      | $۱۳۷۱ \leq R \leq ۶۰۰۰$ | $V > ۱۱۰$                         |
| ±۲٪                     | $R > ۶۰۰۰$              | $V > ۱۱۰$                         |

جدول ۵-۱۴ مقادیر شعاع حداقل (برحسب متر) برای سرعت طرح و بریلندی های مختلف

| سرعت طرح | درصد بریلندی | ۱۲٪ | ۱۰٪ | ۸٪  | ۶٪  |
|----------|--------------|-----|-----|-----|-----|
| ۳۰       | ۱۲٪          | ۲۵  | ۳۰  | ۳۰  | ۳۵  |
| ۴۰       | ۱۰٪          | ۴۵  | ۵۰  | ۵۵  | ۵۵  |
| ۵۰       | ۸٪           | ۷۰  | ۸۰  | ۸۵  | ۹۰  |
| ۶۰       | ۶٪           | ۱۰۵ | ۱۱۵ | ۱۲۵ | ۱۳۵ |
| ۷۰       | ۱۲٪          | ۱۵۰ | ۱۶۵ | ۱۷۵ | ۱۹۵ |
| ۸۰       | ۱۰٪          | ۱۹۵ | ۲۱۰ | ۲۳۰ | ۲۵۵ |
| ۹۰       | ۸٪           | ۲۵۵ | ۲۸۰ | ۳۰۵ | ۳۴۰ |
| ۱۰۰      | ۶٪           | ۳۳۰ | ۳۶۰ | ۳۹۵ | ۴۴۰ |
| ۱۱۰      | ۱۲٪          | ۴۱۵ | ۴۵۵ | ۵۰۵ | ۵۶۵ |
| ۱۲۰      | ۱۰٪          | ۵۴۰ | ۶۰۰ | ۶۷۰ | ۷۶۰ |
| ۱۳۰      | ۸٪           | ۶۷۰ | ۷۴۰ | ۸۳۵ | ۹۵۵ |

### ۳-۲-۲- نحوه تأمین برابندی

برای تأمین برابندی می‌توان از سه روش زیر استفاده کرد:

- الف - دوران نیمرخ عرضی حول محور طولی راه
- ب - دوران نیمرخ عرضی حول لبه داخلی راه
- ج - دوران نیمرخ عرضی حول لبه خارجی راه

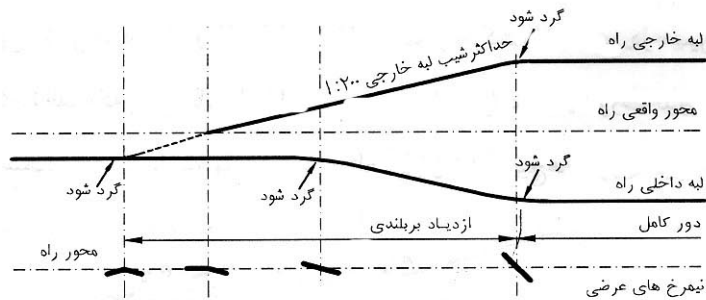
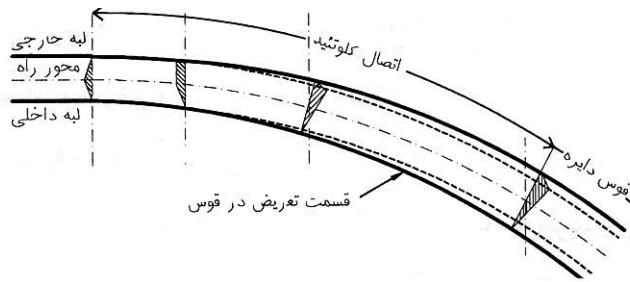
روش اول به دلیل کمترین مقدار تغییر مکان در لبه‌های روسازی متداول‌ترین روش برای راه‌های دوطرفه بدون میانه یا با میانه کم‌عرض است.

در مواردی که محل لبه داخلی روسازی برای کانال تخلیه آبهای سطحی در نظر گرفته شده است، روش دوم و در مواردی که تأکید بر ظاهر راه است روش سوم به کار می‌رود.

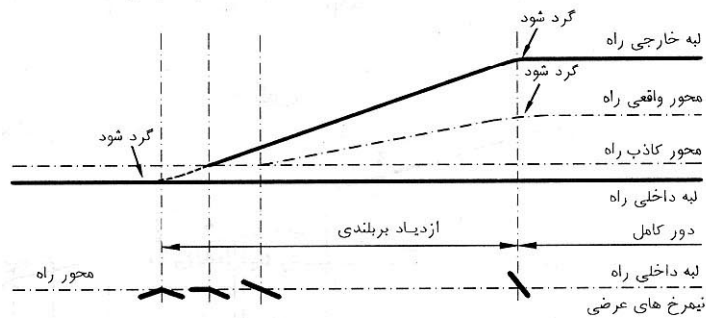
انواع دوران برابندی در شکل ۵-۵ نمایش داده شده اند.

در مسیرهای مجزا و دارای میانه بسته به عرض و مقطع عرضی میانه، سه حالت زیر طبق شکل ۵-۶ در اعمال برابندی قابل استفاده است:

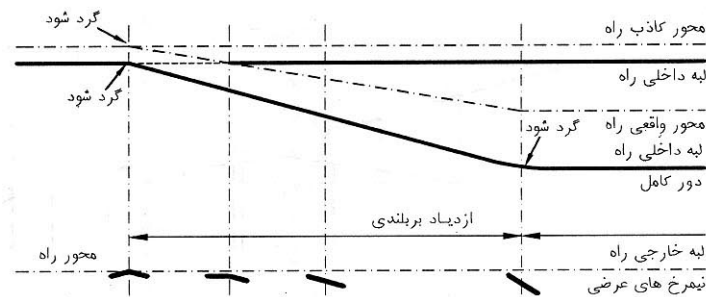
- الف) هر یک از دو روسازی به طور جداگانه دوران داده می‌شود. در نتیجه اختلاف ارتفاعی در محل تلاقی هر یک از روسازی‌ها با میانه به وجود می‌آید. (۵-۶ الف) که برای میانه‌ها با عرض بیش از ۹ متر مناسب است.
- ب) اعمال برابندی در تمام عرض راه (شامل میانه) (۵-۶ ب) که برای میانه‌های کم‌عرض با برابندی متوسط مناسب است.
- پ) میانه به صورت افقی باقی بماند و روسازی‌های طرفین حول هر یک از لبه‌های میانه دوران داده می‌شود. (۵-۶ پ) که برای میانه‌های با عرض متوسط مناسب است.



الف - برای تعبیه بریلندی، لبه داخلی و خارجی، حول محور راه تغییر مکان می دهد.

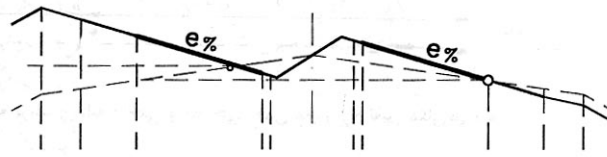


ب - برای تعبیه بریلندی، لبه خارجی و محور، حول لبه داخلی تغییر مکان می دهد.

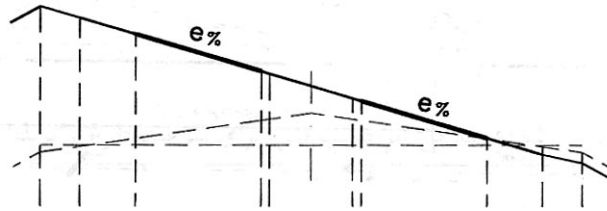


پ - برای تعبیه بریلندی، لبه داخلی و محور، حول لبه خارجی تغییر مکان می دهد.

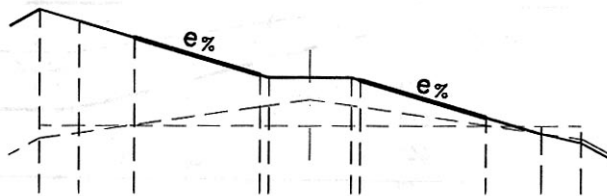
شکل ۵-۵ انواع دوران بریلندی



-الف-



-ب-



-پ-

شکل ۵-۶ نمونه‌های اعمال بریلندی

### ۳-۲-۳- طول تأمین بریلندی

از نظر تأمین ایمنی و همچنین حفظ زیبایی مسیر، و اجتناب از حرکت‌های سریع تغییر لازم در شیب عرضی باید به صورت تدریجی و ملایم و در طولی از راه، قبل و بعد از پیچ‌ها صورت گیرد. این طول، طول تأمین بریلندی نامیده می‌شود. طول تأمین بریلندی برای راه‌های دوخطه از جدول ۵-۱۵ به دست می‌آید.

جدول ۵-۱۵ طول لازم تأمین بریلندی در راه‌های دوخطه (برحسب متر)

| مقدار بریلندی |     |    |    |    |    | سرعت طرح          |
|---------------|-----|----|----|----|----|-------------------|
| ۱۲٪           | ۱۰٪ | ۸٪ | ۶٪ | ۴٪ | ۲٪ | (کیلومتر در ساعت) |
| ۶۰            | ۵۰  | ۴۰ | ۳۰ | ۲۰ | ۲۰ | ۳۰                |
| ۶۵            | ۵۵  | ۴۵ | ۳۵ | ۲۵ | ۲۵ | ۴۰                |
| ۶۵            | ۵۵  | ۴۵ | ۳۵ | ۳۰ | ۳۰ | ۵۰                |
| ۷۵            | ۶۰  | ۵۰ | ۴۰ | ۳۵ | ۳۵ | ۶۰                |
| ۸۰            | ۶۵  | ۵۵ | ۴۰ | ۴۰ | ۴۰ | ۷۰                |
| ۹۰            | ۷۵  | ۶۰ | ۵۰ | ۵۰ | ۵۰ | ۸۰                |
| ۹۰            | ۷۵  | ۶۰ | ۵۵ | ۵۵ | ۵۵ | ۹۰                |
| ۹۵            | ۸۰  | ۶۵ | ۶۰ | ۶۰ | ۶۰ | ۱۰۰               |
| ۱۰۵           | ۸۵  | ۷۰ | ۶۵ | ۶۵ | ۶۵ | ۱۱۰               |
| ۱۱۰           | ۹۵  | ۷۵ | ۷۰ | ۷۰ | ۷۰ | ۱۲۰               |

برای جلوگیری از نمایان شدن شکستگی ها در محل های تغییر شیب بهتر است از یک خم کوتاه برای گرد کردن استفاده شود که طول آن حداقل ۵ متر خواهد بود.

طول تامین بر بلندی برای رویه های عریض تر از دو خطه، به طریق زیر تعیین می شود:

- راههای سه خطه: ۱,۲ برابر طول نظیر در راه دوخطه.
- راههای ۴ خطه غیر مجزا: ۱,۵ برابر طول نظیر در راه دوخطه.
- راههای ۶ خطه غیر مجزا: دو برابر طول نظیر در راه دوخطه.

طول تامین بر بلندی در راههای جدا شده بهتر است متناسب با عرض کل راه و با در نظر گرفتن میانه افزایش داده شود.

- الف-** در حالت میانه های کم عرض، حدود ۲,۲ تا ۲,۴ متر. این افزایش قابل اغماض است.
- ب-** اگر عرض میانه کمتر از ۴,۵ متر باشد، می توان از جدول ۵-۱۵ برای راههای ۴ خطه استفاده کرد. اگر عرض میانه بیش از ۱۲ متر باشد، بهتر است مقادیر جدول مربوط به راههای دو خطه جدول برای هر یک از دو جهت ترافیک به کار رود. در این حالت اگر راه ۶ خطه باشد، طول تامین بر بلندی ۱,۲ برابر طول های ارائه شده در جدول برای راههای دو خطه خواهد بود.
- طول تامین بر بلندی مربوط به یک راه دو خطه را می توان برای هر یک از دو طرف یک راه ۴ خطه جدا شده به کار برد و برای راههای ۶ خطه جدا شده، این طول بهتر است بیشتر انتخاب شود.

$\frac{2}{3}$  بر بلندی در بخش مستقیم مسیر و  $\frac{1}{3}$  بقیه در داخل پیچ اعمال شود. در صورت استفاده از قوس اتصال تدریجی، تمام بر بلندی در طول قوس اتصال تدریجی تامین می شود.

### محدودیت های اعمال بر بلندی:

- الف-** در موارد محدود کننده مانند راههای دوخطه در مناطق کوهستانی، محل رابط ها و راههای جانبی، تامین شعاع پیچ کافی و میزان بر بلندی و طول لازم جهت تامین بر بلندی گاهی امکان پذیر نیست. در چنین مواردی می توان از بیشترین مقدار ممکن بر بلندی و کمترین طول تامین بر بلندی استفاده کرد، مشروط بر آن که شدت تغییر در شیب عرضی از ۴٪ در طول ۲۰ متر تجاوز نکند.
- ب-** بهتر است از قرار دادن طول تامین بر بلندی در روی پل های بزرگ اجتناب شود.
- پ-** تامین تدریجی بر بلندی در شانه های راه با تغییر های تدریجی رویه سواره روی مجاور متناسب است.

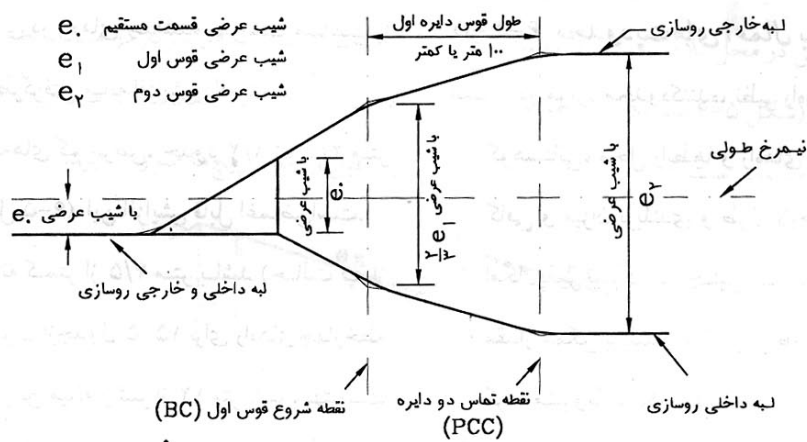
### نحوه اعمال طول تامین بر بلندی

نحوه ی اعمال طول تامین بر بلندی در پیچ های مرکب که پیچ بزرگتر در حد فاصل خط مستقیم و پیچ

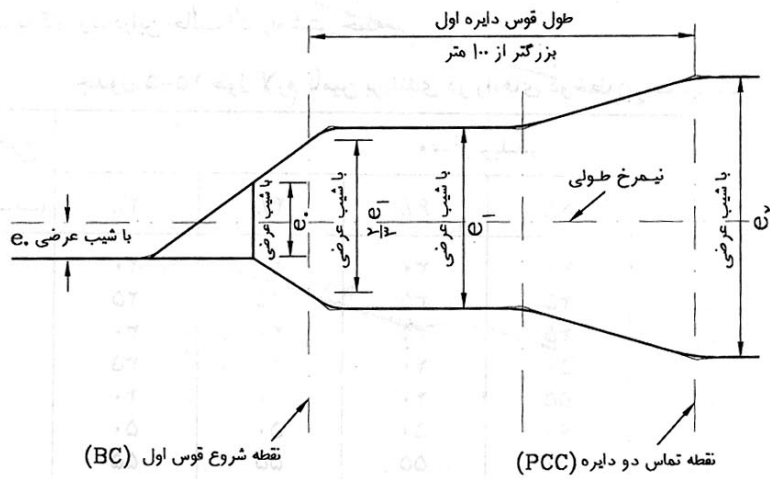
با شعاع کوچکتر قرار گرفته است، به شرح زیر است:  
 حالت الف- طول قوس بزرگتر، کوچکتر یا مساوی ۱۰۰ متر است.  
 حالت ب- طول قوس بزرگتر، بیشتر از ۱۰۰ متر است.  
 نحوه ی اعمال طول تأمین برابندی در این حالت ها در شکل زیر نمایش داده شده است.

### جداول تعیین برابندی در سرعت طرح و شعاع های مختلف پیچ

مقادیر مختلف برابندی برای سرعت طرح و شعاع های مختلف پیچ برای راههای اصلی با در نظر گرفتن حداکثر برابندی مجاز در جداول ۵-۱۶ تا ۵-۱۸ آمده است:



حالت الف - طول قوس دایره بزرگتر، ۱۰۰ متر یا کمتر است.



حالت ب - طول قوس دایره بزرگتر، از ۱۰۰ متر بیشتر است.

شکل ۵-۷ طرز تأمین برابندی در قوس های مرکب

جدول ۵-۱۶ درصد بریلندی پیچ در راه‌های اصلی با فرض حداکثر شیب عرضی ۶ درصد

| ۱۱۰ | ۱۰۰ | ۹۰  | ۸۰  | ۷۰  | ۶۰  | ۵۰  | ۴۰  | ۳۰  | سرعت طرح<br>(km/h) |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------------------|-----|
|     |     |     |     |     |     |     |     |     | شعاع (m)           |     |
|     |     |     |     |     |     |     |     |     | ۶/۰                | ۳۰  |
|     |     |     |     |     |     |     |     |     | ۵/۶                | ۴۵  |
|     |     |     |     |     |     |     |     |     | ۵/۴                | ۵۰  |
|     |     |     |     |     |     |     |     | ۶/۰ | ۵/۲                | ۵۵  |
|     |     |     |     |     |     |     |     | ۶/۰ | ۵/۰                | ۶۰  |
|     |     |     |     |     |     |     |     | ۵/۹ | ۴/۹                | ۶۵  |
|     |     |     |     |     |     |     |     | ۵/۸ | ۴/۷                | ۷۰  |
|     |     |     |     |     |     |     |     | ۵/۷ | ۴/۶                | ۷۵  |
|     |     |     |     |     |     |     |     | ۵/۶ | ۴/۵                | ۸۰  |
|     |     |     |     |     |     |     |     | ۵/۵ | ۴/۳                | ۸۵  |
|     |     |     |     |     |     |     | ۶/۰ | ۵/۴ | ۴/۲                | ۹۰  |
|     |     |     |     |     |     |     | ۶/۰ | ۵/۳ | ۴/۱                | ۹۵  |
|     |     |     |     |     |     |     | ۶/۰ | ۵/۲ | ۴/۱                | ۱۰۰ |
|     |     |     |     |     |     |     | ۵/۹ | ۵/۱ | ۴/۰                | ۱۰۵ |
|     |     |     |     |     |     |     | ۵/۸ | ۴/۹ | ۳/۸                | ۱۱۵ |
|     |     |     |     |     |     |     | ۵/۷ | ۴/۸ | ۳/۸                | ۱۲۰ |
|     |     |     |     |     |     |     | ۵/۷ | ۴/۸ | ۳/۷                | ۱۲۵ |
|     |     |     |     |     | ۶/۰ | ۵/۶ | ۴/۷ | ۳/۶ |                    | ۱۳۰ |
|     |     |     |     |     | ۶/۰ | ۵/۵ | ۴/۵ | ۳/۵ |                    | ۱۴۰ |
|     |     |     |     |     | ۵/۹ | ۵/۳ | ۴/۴ | ۳/۳ |                    | ۱۵۰ |
|     |     |     |     |     | ۵/۹ | ۵/۲ | ۴/۳ | ۳/۲ |                    | ۱۶۰ |
|     |     |     |     |     | ۵/۸ | ۵/۱ | ۴/۲ | ۳/۱ |                    | ۱۷۰ |
|     |     |     |     |     | ۵/۷ | ۴/۹ | ۴/۱ | ۳/۰ |                    | ۱۸۰ |
|     |     |     |     | ۶/۰ | ۵/۶ | ۴/۸ | ۴/۰ | ۲/۹ |                    | ۱۹۰ |
|     |     |     |     | ۶/۰ | ۵/۵ | ۴/۷ | ۳/۹ | ۲/۸ |                    | ۲۰۰ |
|     |     |     |     | ۵/۹ | ۵/۴ | ۴/۶ | ۳/۸ | ۲/۷ |                    | ۲۱۰ |
|     |     |     |     | ۵/۹ | ۵/۳ | ۴/۵ | ۳/۷ | ۲/۶ |                    | ۲۲۰ |
|     |     |     |     | ۵/۸ | ۵/۲ | ۴/۴ | ۳/۶ | ۲/۵ |                    | ۲۳۰ |
|     |     |     |     | ۵/۸ | ۵/۱ | ۴/۳ | ۳/۶ | ۲/۴ |                    | ۲۴۰ |
|     |     |     | ۶/۰ | ۵/۷ | ۵/۱ | ۴/۲ | ۳/۵ | ۲/۳ |                    | ۲۵۰ |
|     |     |     | ۶/۰ | ۵/۵ | ۴/۸ | ۴/۰ | ۳/۳ | ۲/۱ |                    | ۲۸۰ |
|     |     |     | ۵/۹ | ۵/۳ | ۴/۶ | ۳/۹ | ۳/۱ | /   |                    | ۳۰۰ |
|     |     | ۶/۰ | ۵/۸ | ۵/۲ | ۴/۵ | ۳/۸ | ۳/۰ | /   |                    | ۳۲۰ |
|     |     | ۶/۰ | ۵/۷ | ۵/۰ | ۴/۴ | ۳/۷ | ۲/۹ | /   |                    | ۳۴۰ |
|     |     | ۶/۰ | ۵/۶ | ۵/۰ | ۴/۳ | ۳/۶ | ۲/۸ | *   |                    | ۳۵۰ |
|     |     | ۵/۹ | ۵/۴ | ۴/۸ | ۴/۱ | ۳/۴ | ۲/۶ |     |                    | ۳۸۰ |
|     |     | ۵/۸ | ۵/۳ | ۴/۷ | ۴/۰ | ۳/۳ | ۲/۵ |     |                    | ۴۰۰ |
|     | ۶/۰ | ۵/۸ | ۵/۲ | ۵/۶ | ۳/۹ | ۳/۲ | ۲/۴ |     |                    | ۴۲۰ |
|     | ۶/۰ | ۵/۶ | ۵/۰ | ۴/۴ | ۳/۸ | ۳/۱ | ۲/۳ |     |                    | ۴۵۰ |
|     | ۵/۹ | ۵/۵ | ۴/۹ | ۴/۳ | ۳/۷ | ۳/۰ | ۲/۲ |     |                    | ۴۷۵ |

علامت \* نشان می‌دهد که نیازی به تغییر مقطع معمولی در قوس نیست.  
 علامت / نشان می‌دهد که شیب مخالف حذف و مقطع عرضی با شیب عرضی یکسره‌ای که برای هدایت آب‌های سطحی ضروری است، ساخته می‌شود.



ادامه جدول ۵-۱۶

| ۱۱۰ | ۱۰۰ | ۹۰  | ۸۰  | ۷۰  | ۶۰  | ۵۰  | ۴۰  | ۳۰ | سرعت طرح<br>(km/h) |      |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|--------------------|------|
|     |     |     |     |     |     |     |     |    | نوع (m)            |      |
| ۶/۰ | ۵/۹ | ۵/۲ | ۴/۸ | ۴/۲ | ۳/۶ | ۲/۹ | ۲/۱ |    |                    | ۵۰۰  |
| ۶/۰ | ۵/۸ | ۵/۳ | ۴/۷ | ۴/۱ | ۳/۵ | ۲/۸ | /   |    |                    | ۵۲۵  |
| ۶/۰ | ۵/۷ | ۵/۲ | ۴/۶ | ۴/۰ | ۳/۴ | ۲/۷ | /   |    |                    | ۵۵۰  |
| ۶/۰ | ۵/۶ | ۵/۶ | ۴/۴ | ۳/۹ | ۳/۳ | ۲/۶ | /   |    |                    | ۵۷۵  |
| ۵/۹ | ۵/۵ | ۵/۰ | ۴/۳ | ۳/۸ | ۳/۲ | ۲/۵ | *   |    |                    | ۶۰۰  |
| ۵/۸ | ۵/۳ | ۴/۸ | ۴/۱ | ۳/۶ | ۳/۰ | ۲/۳ |     |    |                    | ۶۵۰  |
| ۵/۶ | ۵/۱ | ۴/۶ | ۴/۰ | ۳/۴ | ۲/۹ | ۲/۲ |     |    |                    | ۷۰۰  |
| ۵/۵ | ۵/۰ | ۴/۴ | ۳/۸ | ۳/۲ | ۲/۷ | ۲/۱ |     |    |                    | ۷۵۰  |
| ۵/۳ | ۴/۸ | ۴/۲ | ۴/۶ | ۳/۱ | ۲/۵ | /   |     |    |                    | ۸۰۰  |
| ۵/۱ | ۴/۶ | ۴/۱ | ۳/۵ | ۳/۰ | ۲/۴ | /   |     |    |                    | ۸۵۰  |
| ۵/۰ | ۴/۵ | ۳/۹ | ۴/۴ | ۴/۸ | ۲/۳ | /   |     |    |                    | ۹۰۰  |
| ۴/۸ | ۴/۳ | ۳/۸ | ۴/۲ | ۴/۷ | ۲/۲ | /   |     |    |                    | ۹۵۰  |
| ۴/۷ | ۴/۲ | ۳/۷ | ۴/۱ | ۲/۶ | ۲/۱ | *   |     |    |                    | ۱۰۰۰ |
| ۴/۵ | ۴/۱ | ۳/۵ | ۳/۰ | ۲/۵ | /   |     |     |    |                    | ۱۰۵۰ |
| ۴/۴ | ۳/۹ | ۳/۴ | ۲/۹ | ۲/۴ | /   |     |     |    |                    | ۱۱۰۰ |
| ۴/۳ | ۳/۸ | ۳/۳ | ۲/۸ | ۲/۳ | /   |     |     |    |                    | ۱۱۵۰ |
| ۴/۲ | ۳/۷ | ۳/۲ | ۲/۷ | ۲/۲ | /   |     |     |    |                    | ۱۲۰۰ |
| ۴/۰ | ۳/۶ | ۳/۱ | ۲/۶ | ۲/۲ | /   |     |     |    |                    | ۱۲۵۰ |
| ۳/۹ | ۳/۵ | ۳/۰ | ۲/۵ | ۲/۱ | /   |     |     |    |                    | ۱۳۰۰ |
| ۳/۷ | ۳/۳ | ۲/۸ | ۲/۴ | /   | /   |     |     |    |                    | ۱۴۰۰ |
| ۳/۵ | ۳/۱ | ۲/۷ | ۲/۲ | /   | *   |     |     |    |                    | ۱۵۰۰ |
| ۳/۴ | ۳/۰ | ۲/۶ | ۲/۱ | /   |     |     |     |    |                    | ۱۶۰۰ |
| ۳/۲ | ۲/۸ | ۲/۴ | /   | /   |     |     |     |    |                    | ۱۷۰۰ |
| ۳/۱ | ۲/۷ | ۲/۳ | /   | /   |     |     |     |    |                    | ۱۸۰۰ |
| ۲/۸ | ۲/۵ | ۲/۱ | /   | *   |     |     |     |    |                    | ۲۰۰۰ |
| ۲/۶ | ۲/۳ | /   | /   |     |     |     |     |    |                    | ۲۱۰۰ |
| ۲/۳ | /   | /   | *   |     |     |     |     |    |                    | ۲۵۰۰ |
| /   | /   | /   |     |     |     |     |     |    |                    | ۳۰۰۰ |
| /   | /   | *   |     |     |     |     |     |    |                    | ۳۵۰۰ |
| /   | *   |     |     |     |     |     |     |    |                    | ۴۰۰۰ |
| *   |     |     |     |     |     |     |     |    |                    | ۴۵۰۰ |
|     |     |     |     |     |     |     |     |    |                    | ۵۰۰۰ |
|     |     |     |     |     |     |     |     |    |                    | ۶۰۰۰ |
|     |     |     |     |     |     |     |     |    |                    | ۷۰۰۰ |

علامت \* نشان می‌دهد که نیازی به تغییر مقطع معمولی در قوس نیست.

علامت / نشان می‌دهد که شیب مخالف حذف و مقطع عرضی با شیب عرضی یکسره‌ای که برای هدایت آب‌های سطحی ضروری است، ساخته می‌شود.

جدول ۵-۱۷ درصد بلندی پیچ در راه‌های اصلی با فرض حداکثر شیب عرضی ۸ درصد

| ۱۱۰ | ۱۰۰ | ۹۰  | ۸۰  | ۷۰  | ۶۰  | ۵۰  | ۴۰  | ۳۰  | سرعت طرح<br>(km/h) | شعاع (m) |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------------------|----------|
|     |     |     |     |     |     |     |     |     |                    |          |
|     |     |     |     |     |     |     |     |     |                    | ۲۵       |
|     |     |     |     |     |     |     |     | ۸/۰ |                    | ۳۰       |
|     |     |     |     |     |     |     |     | ۷/۲ |                    | ۴۵       |
|     |     |     |     |     |     |     | ۸/۰ | ۶/۹ |                    | ۵۰       |
|     |     |     |     |     |     |     | ۸/۰ | ۶/۴ |                    | ۵۵       |
|     |     |     |     |     |     |     | ۷/۹ | ۶/۴ |                    | ۶۰       |
|     |     |     |     |     |     |     | ۷/۷ | ۶/۱ |                    | ۶۵       |
|     |     |     |     |     |     |     | ۷/۶ | ۵/۹ |                    | ۷۰       |
|     |     |     |     |     |     |     | ۷/۴ | ۵/۷ |                    | ۷۵       |
|     |     |     |     |     |     | ۸/۰ | ۷/۲ | ۵/۵ |                    | ۸۰       |
|     |     |     |     |     |     | ۸/۰ | ۷/۱ | ۵/۴ |                    | ۸۵       |
|     |     |     |     |     |     | ۸/۰ | ۶/۹ | ۵/۲ |                    | ۹۰       |
|     |     |     |     |     |     | ۷/۹ | ۶/۷ | ۵/۱ |                    | ۹۵       |
|     |     |     |     |     |     | ۷/۸ | ۶/۶ | ۵/۰ |                    | ۱۰۰      |
|     |     |     |     |     |     | ۷/۷ | ۶/۵ | ۴/۸ |                    | ۱۰۵      |
|     |     |     |     |     |     | ۷/۶ | ۶/۳ | ۴/۷ |                    | ۱۱۰      |
|     |     |     |     |     |     | ۷/۵ | ۶/۲ | ۴/۵ |                    | ۱۱۵      |
|     |     |     |     |     | ۸/۰ | ۷/۴ | ۶/۱ | ۴/۴ |                    | ۱۲۰      |
|     |     |     |     |     | ۸/۰ | ۷/۳ |     | ۴/۳ |                    | ۱۲۵      |
|     |     |     |     |     | ۸/۰ | ۷/۲ | ۵/۸ | ۴/۲ |                    | ۱۳۰      |
|     |     |     |     |     | ۷/۹ | ۶/۹ | ۵/۶ | ۴/۰ |                    | ۱۴۰      |
|     |     |     |     |     | ۷/۸ | ۶/۷ | ۵/۴ | ۳/۸ |                    | ۱۵۰      |
|     |     |     |     |     | ۷/۶ | ۶/۵ | ۵/۳ | ۳/۶ |                    | ۱۶۰      |
|     |     |     |     | ۸/۰ | ۷/۵ | ۶/۳ | ۵/۱ | ۳/۴ |                    | ۱۷۰      |
|     |     |     |     | ۸/۰ | ۷/۳ | ۶/۲ | ۴/۹ | ۳/۳ |                    | ۱۸۰      |
|     |     |     |     | ۷/۹ | ۷/۱ | ۶/۰ | ۴/۸ | ۳/۱ |                    | ۱۹۰      |
|     |     |     |     | ۷/۸ | ۷/۰ | ۵/۸ | ۴/۶ | ۳/۰ |                    | ۲۰۰      |
|     |     |     |     | ۷/۷ | ۶/۸ | ۵/۷ | ۴/۵ | ۲/۹ |                    | ۲۱۰      |
|     |     |     |     | ۷/۶ | ۶/۷ | ۵/۵ | ۴/۳ | ۲/۸ |                    | ۲۲۰      |
|     |     |     | ۸/۰ | ۷/۵ | ۶/۵ | ۵/۴ | ۴/۲ | ۲/۷ |                    | ۲۳۰      |
|     |     |     | ۸/۰ | ۷/۴ | ۶/۴ | ۵/۳ | ۴/۱ | ۲/۶ |                    | ۲۴۰      |
|     |     |     | ۷/۹ | ۷/۳ | ۶/۳ | ۵/۲ | ۴/۰ | ۲/۵ |                    | ۲۵۰      |
|     |     |     | ۷/۷ | ۶/۹ | ۵/۹ | ۴/۸ | ۳/۶ | ۲/۳ |                    | ۲۸۰      |
|     |     | ۸/۰ | ۷/۶ | ۶/۷ | ۵/۷ | ۴/۶ | ۳/۵ | ۲/۱ |                    | ۳۰۰      |
|     |     | ۸/۰ | ۷/۴ | ۶/۴ | ۵/۵ | ۴/۴ | ۳/۳ | /   |                    | ۳۲۰      |
|     |     | ۷/۹ | ۷/۲ | ۶/۲ | ۵/۳ | ۴/۲ | ۳/۱ | /   |                    | ۳۴۰      |
|     |     | ۷/۸ | ۷/۱ | ۶/۱ | ۵/۲ | ۴/۱ | ۳/۱ | *   |                    | ۳۵۰      |
|     | ۸/۰ | ۷/۶ | ۶/۸ | ۵/۸ | ۴/۹ | ۳/۹ | ۲/۹ |     |                    | ۳۸۰      |
|     | ۸/۰ | ۷/۵ | ۶/۶ | ۵/۷ | ۴/۷ | ۳/۷ | ۲/۷ |     |                    | ۴۰۰      |
|     | ۷/۹ | ۷/۳ | ۶/۴ | ۵/۵ | ۴/۶ | ۳/۶ | ۲/۶ |     |                    | ۴۲۰      |
|     | ۷/۸ | ۷/۱ | ۶/۲ | ۵/۲ | ۴/۳ | ۳/۴ | ۲/۵ |     |                    | ۴۵۰      |
| ۸/۰ | ۷/۶ | ۶/۹ | ۶/۰ | ۵/۱ | ۴/۲ | ۳/۲ | ۲/۴ |     |                    | ۴۷۵      |

ادامه جدول ۵-۱۷

| ۱۱۰ | ۱۰۰ | ۹۰  | ۸۰  | ۷۰  | ۶۰  | ۵۰  | ۴۰  | ۳۰ | سرعت طرح<br>(km/h) | شعاع (m) |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|--------------------|----------|
|     |     |     |     |     |     |     |     |    |                    |          |
| ۸/۰ | ۷/۵ | ۶/۷ | ۵/۸ | ۴/۹ | ۴/۰ | ۳/۱ | ۲/۳ |    | ۵۰۰                |          |
| ۷/۹ | ۷/۳ | ۶/۵ | ۵/۶ | ۴/۷ | ۳/۹ | ۳/۰ | ۲/۲ |    | ۵۲۵                |          |
| ۷/۸ | ۷/۲ | ۶/۳ | ۵/۴ | ۴/۵ | ۳/۷ | ۲/۹ | ۲/۱ |    | ۵۵۰                |          |
| ۷/۷ | ۷/۰ | ۶/۲ | ۵/۲ | ۴/۴ | ۳/۶ | ۲/۸ | /   |    | ۵۷۵                |          |
| ۷/۶ | ۶/۸ | ۶/۰ | ۵/۱ | ۴/۲ | ۳/۵ | ۲/۷ | *   |    | ۶۰۰                |          |
| ۷/۳ | ۶/۵ | ۵/۷ | ۴/۸ | ۴/۰ | ۳/۳ | ۲/۵ |     |    | ۶۵۰                |          |
| ۷/۰ | ۶/۲ | ۵/۴ | ۴/۵ | ۳/۸ | ۳/۱ | ۲/۳ |     |    | ۷۰۰                |          |
| ۶/۷ | ۵/۹ | ۵/۱ | ۴/۳ | ۳/۶ | ۲/۹ | ۲/۲ |     |    | ۷۵۰                |          |
| ۶/۴ | ۵/۶ | ۴/۹ | ۴/۱ | ۳/۴ | ۲/۷ | ۲/۱ |     |    | ۸۰۰                |          |
| ۶/۱ | ۵/۴ | ۴/۶ | ۳/۹ | ۳/۲ | ۲/۶ | /   |     |    | ۸۵۰                |          |
| ۵/۹ | ۵/۲ | ۴/۴ | ۳/۷ | ۳/۰ | ۲/۵ | /   |     |    | ۹۰۰                |          |
| ۵/۶ | ۴/۹ | ۴/۲ | ۳/۵ | ۲/۹ | ۲/۳ | /   |     |    | ۹۵۰                |          |
| ۵/۴ | ۴/۷ | ۴/۱ | ۳/۴ | ۲/۸ | ۲/۲ | *   |     |    | ۱۰۰۰               |          |
| ۵/۲ | ۴/۶ | ۳/۹ | ۳/۲ | ۲/۷ | ۲/۱ |     |     |    | ۱۰۵۰               |          |
| ۵/۰ | ۴/۴ | ۳/۸ | ۳/۱ | ۲/۶ | ۲/۱ |     |     |    | ۱۱۰۰               |          |
| ۴/۸ | ۴/۲ | ۳/۶ | ۳/۰ | ۲/۵ | /   |     |     |    | ۱۱۵۰               |          |
| ۴/۷ | ۴/۱ | ۳/۵ | ۲/۹ | ۲/۴ | /   |     |     |    | ۱۲۰۰               |          |
| ۴/۵ | ۳/۹ | ۳/۴ | ۲/۸ | ۲/۳ | /   |     |     |    | ۱۲۵۰               |          |
| ۴/۴ | ۳/۸ | ۳/۳ | ۲/۷ | ۲/۲ | /   |     |     |    | ۱۳۰۰               |          |
| ۴/۱ | ۳/۶ | ۳/۱ | ۲/۵ | ۲/۱ | /   |     |     |    | ۱۴۰۰               |          |
| ۳/۸ | ۳/۴ | ۲/۹ | ۲/۴ | /   | *   |     |     |    | ۱۵۰۰               |          |
| ۳/۶ | ۳/۲ | ۲/۷ | ۲/۲ | /   |     |     |     |    | ۱۶۰۰               |          |
| ۳/۴ | ۳/۰ | ۲/۶ | ۲/۱ | /   |     |     |     |    | ۱۷۰۰               |          |
| ۳/۳ | ۲/۹ | ۲/۴ | /   | /   |     |     |     |    | ۱۸۰۰               |          |
| ۳/۰ | ۲/۶ | ۲/۲ | /   | *   |     |     |     |    | ۲۰۰۰               |          |
| ۲/۷ | ۲/۴ | /   | /   |     |     |     |     |    | ۲۲۰۰               |          |
| ۲/۴ | ۲/۱ | /   | *   |     |     |     |     |    | ۲۵۰۰               |          |
| /   | /   | /   |     |     |     |     |     |    | ۳۰۰۰               |          |
| /   | /   | *   |     |     |     |     |     |    | ۳۵۰۰               |          |
| /   | *   |     |     |     |     |     |     |    | ۴۰۰۰               |          |
| *   |     |     |     |     |     |     |     |    | ۴۵۰۰               |          |
|     |     |     |     |     |     |     |     |    | ۵۰۰۰               |          |
|     |     |     |     |     |     |     |     |    | ۶۰۰۰               |          |
|     |     |     |     |     |     |     |     |    | ۷۰۰۰               |          |

علامت \* نشان می دهد که نیازی به تغییر مقطع معمولی در قوس نیست.

علامت / نشان می دهد که شیب مخالف حذف و مقطع عرضی با شیب عرضی یکسره ای که برای هدایت آب های سطحی ضروری است، ساخته می شود.

جدول ۵-۱۸ درصد بریلندی پیچ در راه‌های اصلی با فرض حداکثر شیب عرضی ۱۰ درصد

| ۱۱۰ | ۱۰۰ | ۹۰  | ۸۰  | ۷۰  | ۶۰  | ۵۰  | ۴۰  | ۳۰  | سرعت طرح<br>(km/h) | شعاع (m) |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------------------|----------|
|     |     |     |     |     |     |     |     |     | ۱۰                 |          |
|     |     |     |     |     |     |     |     | ۱۰  | ۲۵                 |          |
|     |     |     |     |     |     |     |     | ۹/۹ | ۳۰                 |          |
|     |     |     |     |     |     |     |     | ۸/۶ | ۴۵                 |          |
|     |     |     |     |     |     |     | ۱۰  | ۸/۲ | ۵۰                 |          |
|     |     |     |     |     |     |     | ۹/۹ | ۷/۸ | ۵۵                 |          |
|     |     |     |     |     |     |     | ۹/۷ | ۷/۵ | ۶۰                 |          |
|     |     |     |     |     |     |     | ۹/۴ | ۷/۲ | ۶۵                 |          |
|     |     |     |     |     |     |     | ۹/۲ | ۶/۹ | ۷۰                 |          |
|     |     |     |     |     |     | ۱۰  | ۸/۹ | ۶/۶ | ۷۵                 |          |
|     |     |     |     |     |     | ۱۰  | ۸/۷ | ۶/۴ | ۸۰                 |          |
|     |     |     |     |     |     | ۹/۹ | ۸/۴ | ۶/۱ | ۸۵                 |          |
|     |     |     |     |     |     | ۹/۸ | ۸/۲ | ۵/۹ | ۹۰                 |          |
|     |     |     |     |     |     | ۹/۶ | ۸/۰ | ۵/۷ | ۹۵                 |          |
|     |     |     |     |     |     | ۹/۵ | ۷/۸ | ۵/۵ | ۱۰۰                |          |
|     |     |     |     |     |     | ۹/۳ | ۷/۶ | ۵/۳ | ۱۰۵                |          |
|     |     |     |     |     | ۱۰  | ۹/۲ | ۷/۴ | ۵/۱ | ۱۱۰                |          |
|     |     |     |     |     | ۱۰  | ۹/۰ | ۷/۲ | ۵/۱ | ۱۱۵                |          |
|     |     |     |     |     | ۱۰  | ۸/۸ | ۷/۱ | ۴/۸ | ۱۲۰                |          |
|     |     |     |     |     | ۹/۹ | ۸/۷ | ۶/۹ | ۴/۷ | ۱۲۵                |          |
|     |     |     |     |     | ۹/۸ | ۸/۵ | ۶/۸ | ۴/۵ | ۱۳۰                |          |
|     |     |     |     |     | ۹/۶ | ۸/۲ | ۶/۵ | ۴/۳ | ۱۴۰                |          |
|     |     |     |     |     | ۹/۴ | ۷/۹ | ۶/۲ | ۴/۰ | ۱۵۰                |          |
|     |     |     |     | ۱۰  | ۹/۲ | ۷/۶ | ۵/۹ | ۳/۸ | ۱۶۰                |          |
|     |     |     |     | ۹/۹ | ۸/۹ | ۷/۴ | ۵/۷ | ۳/۶ | ۱۷۰                |          |
|     |     |     |     | ۹/۸ | ۸/۷ | ۷/۱ | ۵/۵ | ۳/۴ | ۱۸۰                |          |
|     |     |     |     | ۹/۷ | ۸/۵ | ۶/۹ | ۵/۳ | ۳/۳ | ۱۹۰                |          |
|     |     |     |     | ۹/۵ | ۸/۲ | ۶/۷ | ۵/۱ | ۳/۱ | ۲۰۰                |          |
|     |     |     | ۱۰  | ۹/۳ | ۸/۰ | ۶/۵ | ۴/۹ | ۳/۰ | ۲۱۰                |          |
|     |     |     | ۱۰  | ۹/۲ | ۷/۸ | ۶/۳ | ۴/۷ | ۲/۹ | ۲۲۰                |          |
|     |     |     | ۹/۹ | ۹/۰ | ۷/۶ | ۶/۱ | ۴/۵ | ۲/۸ | ۲۳۰                |          |
|     |     |     | ۹/۸ | ۸/۸ | ۷/۴ | ۵/۹ | ۴/۴ | ۲/۷ | ۲۴۰                |          |
|     |     |     | ۹/۷ | ۸/۶ | ۷/۲ | ۵/۷ | ۴/۲ | ۲/۶ | ۲۵۰                |          |
|     |     | ۱۰  | ۹/۳ | ۸/۰ | ۶/۷ | ۵/۳ | ۳/۹ | ۲/۳ | ۲۸۰                |          |
|     |     | ۹/۹ | ۹/۰ | ۷/۷ | ۶/۴ | ۵/۰ | ۳/۶ | ۲/۲ | ۳۰۰                |          |
|     |     | ۹/۷ | ۸/۷ | ۷/۴ | ۶/۱ | ۴/۷ | ۳/۵ | /   | ۳۲۰                |          |
|     |     | ۹/۵ | ۸/۴ | ۷/۱ | ۵/۸ | ۴/۵ | ۳/۳ | /   | ۳۴۰                |          |
|     | ۱۰  | ۹/۴ | ۸/۲ | ۶/۹ | ۵/۷ | ۴/۴ | ۳/۲ | *   | ۳۵۰                |          |
|     | ۹/۹ | ۹/۱ | ۷/۸ | ۶/۵ | ۵/۳ | ۴/۱ | ۳/۰ |     | ۳۸۰                |          |
|     | ۹/۸ | ۸/۸ | ۷/۵ | ۶/۳ | ۵/۱ | ۳/۹ | ۲/۸ |     | ۴۰۰                |          |
| ۱۰  | ۹/۶ | ۸/۶ | ۷/۳ | ۶/۱ | ۴/۹ | ۳/۸ | ۲/۷ |     | ۴۲۰                |          |
| ۱۰  | ۹/۳ | ۸/۲ | ۶/۹ | ۵/۷ | ۴/۷ | ۳/۶ | ۲/۶ |     | ۴۵۰                |          |
| ۹/۹ | ۹/۱ | ۷/۹ | ۶/۶ | ۵/۵ | ۴/۵ | ۳/۴ | ۲/۴ |     | ۴۷۵                |          |

ادامه جدول ۵-۱۸

| ۱۱۰ | ۱۰۰ | ۹۰  | ۸۰  | ۷۰  | ۶۰  | ۵۰  | ۴۰  | ۳۰ | سرعت طرح<br>(km/h) |      |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|--------------------|------|
|     |     |     |     |     |     |     |     |    | شعاع (m)           |      |
| ۹/۷ | ۸/۸ | ۷/۶ | ۶/۴ | ۵/۳ | ۴/۳ | ۳/۲ | ۲/۳ |    |                    | ۵۰۰  |
| ۹/۵ | ۸/۵ | ۷/۳ | ۶/۱ | ۵/۱ | ۴/۱ | ۳/۱ | ۲/۲ |    |                    | ۵۲۵  |
| ۹/۳ | ۸/۲ | ۷/۱ | ۵/۹ | ۴/۹ | ۳/۹ | ۳/۰ | ۲/۱ |    |                    | ۵۵۰  |
| ۹/۱ | ۸/۰ | ۶/۸ | ۵/۷ | ۴/۷ | ۳/۸ | ۲/۹ | /   |    |                    | ۵۷۵  |
| ۸/۸ | ۷/۷ | ۶/۶ | ۵/۵ | ۴/۵ | ۳/۷ | ۲/۸ | *   |    |                    | ۶۰۰  |
| ۸/۲ | ۷/۲ | ۶/۲ | ۵/۱ | ۴/۲ | ۳/۴ | ۲/۶ |     |    |                    | ۶۵۰  |
| ۷/۸ | ۶/۸ | ۵/۸ | ۴/۸ | ۴/۰ | ۳/۲ | ۲/۴ |     |    |                    | ۷۰۰  |
| ۷/۴ | ۶/۵ | ۵/۵ | ۴/۵ | ۳/۷ | ۳/۰ | ۲/۲ |     |    |                    | ۷۵۰  |
| ۷/۰ | ۶/۱ | ۵/۲ | ۴/۳ | ۳/۵ | ۲/۸ | ۲/۱ |     |    |                    | ۸۰۰  |
| ۶/۷ | ۵/۸ | ۵/۰ | ۴/۱ | ۳/۳ | ۲/۷ | /   |     |    |                    | ۸۵۰  |
| ۶/۳ | ۵/۵ | ۴/۷ | ۳/۹ | ۳/۲ | ۲/۵ | /   |     |    |                    | ۹۰۰  |
| ۶/۱ | ۵/۳ | ۴/۵ | ۳/۷ | ۳/۰ | ۲/۴ | /   |     |    |                    | ۹۵۰  |
| ۵/۸ | ۵/۱ | ۴/۳ | ۳/۵ | ۲/۹ | ۲/۳ | *   |     |    |                    | ۱۰۰۰ |
| ۵/۵ | ۴/۸ | ۴/۱ | ۳/۴ | ۲/۸ | ۲/۲ |     |     |    |                    | ۱۰۵۰ |
| ۵/۳ | ۴/۶ | ۳/۹ | ۳/۲ | ۲/۶ | ۲/۱ |     |     |    |                    | ۱۱۰۰ |
| ۵/۱ | ۴/۵ | ۳/۸ | ۳/۱ | ۲/۵ | /   |     |     |    |                    | ۱۱۵۰ |
| ۴/۹ | ۴/۳ | ۳/۶ | ۳/۰ | ۲/۴ | /   |     |     |    |                    | ۱۲۰۰ |
| ۴/۸ | ۴/۱ | ۳/۵ | ۲/۹ | ۲/۳ | /   |     |     |    |                    | ۱۲۵۰ |
| ۴/۶ | ۴/۰ | ۳/۴ | ۲/۸ | ۲/۲ | /   |     |     |    |                    | ۱۳۰۰ |
| ۴/۳ | ۳/۷ | ۳/۲ | ۲/۶ | ۲/۱ | /   |     |     |    |                    | ۱۴۰۰ |
| ۴/۰ | ۳/۵ | ۳/۰ | ۲/۴ | /   | *   |     |     |    |                    | ۱۵۰۰ |
| ۳/۸ | ۳/۳ | ۲/۸ | ۲/۳ | /   |     |     |     |    |                    | ۱۶۰۰ |
| ۳/۶ | ۳/۱ | ۲/۶ | ۲/۲ | /   |     |     |     |    |                    | ۱۷۰۰ |
| ۳/۴ | ۳/۰ | ۲/۵ | /   | /   |     |     |     |    |                    | ۱۸۰۰ |
| ۳/۱ | ۲/۷ | ۲/۳ | /   | *   |     |     |     |    |                    | ۲۰۰۰ |
| ۲/۸ | ۲/۵ | ۲/۱ | /   |     |     |     |     |    |                    | ۲۲۰۰ |
| ۲/۵ | ۲/۲ | /   | *   |     |     |     |     |    |                    | ۲۵۰۰ |
| ۲/۱ | /   | /   |     |     |     |     |     |    |                    | ۳۰۰۰ |
| /   | /   | *   |     |     |     |     |     |    |                    | ۳۵۰۰ |
| /   | *   |     |     |     |     |     |     |    |                    | ۴۰۰۰ |
| *   |     |     |     |     |     |     |     |    |                    | ۴۵۰۰ |
|     |     |     |     |     |     |     |     |    |                    | ۵۰۰۰ |
|     |     |     |     |     |     |     |     |    |                    | ۶۰۰۰ |
|     |     |     |     |     |     |     |     |    |                    | ۷۰۰۰ |

علامت \* نشان می‌دهد که نیازی به تغییر مقطع معمولی در قوس نیست.

علامت / نشان می‌دهد که شیب مخالف حذف و مقطع عرضی با شیب عرضی یکسره‌ای که برای هدایت آب‌های سطحی ضروری

است، ساخته می‌شود.

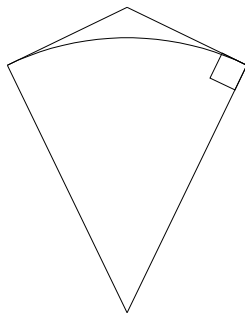
### ۳-۳ - قوسهای دایره‌ای

خط پروژه یک راه در پلان از یک سری خطوط مستقیم و قوسی تشکیل شده است. خطوط مستقیم را با تانژانت و قوس متصل‌کننده دو تانژانت را با شعاع آن یا بوسیله درجه قوس مشخص می‌نمائیم.

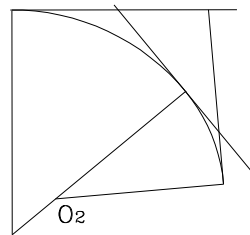
#### - انواع قوس‌های دایره‌ای

الف - قوس ساده      ب - قوس مرکب      ج - قوس معکوس

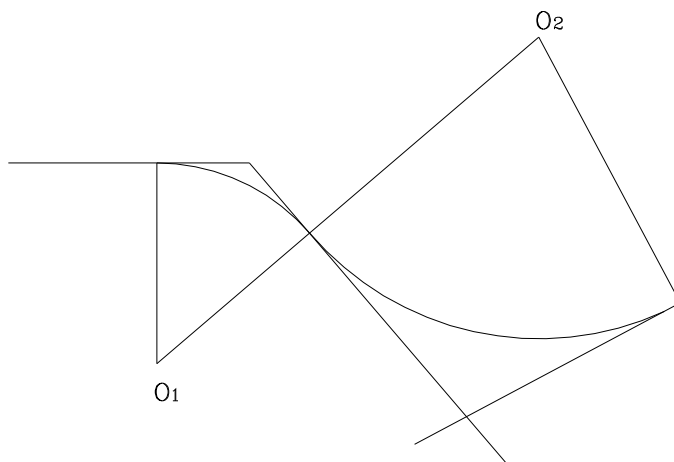
قوس مرکب: دو قوس دایره‌ای متوالی که در یک طرف مماس مشترک واقع هستند  
 قوس معکوس: دو قوس دایره‌ای متوالی که در دو طرف مخالف نسبت به مماس مشترک واقع هستند



قوس ساده



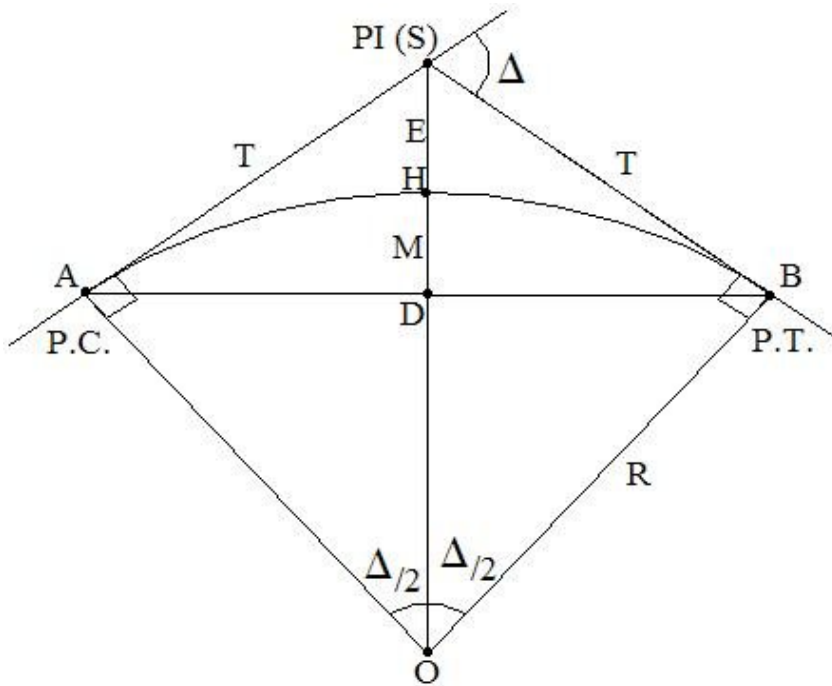
قوس مرکب



قوس معکوس

۳-۳-۱- قوس ساده

اجزای قوس ساده



PI یا S = نقطه تقاطع دو مماس (ایستگاه یا سومه)

PC = نقطه شروع قوس در نقطه A : Point of Curvature

PT = نقطه خاتمه قوس در نقطه B : Point of Tangent

Δ = زاویه خارجی بین دو مماس (زاویه تقاطع) Intersection Angle (زاویه مرکزی روبروی قوس)

C = وترقوس = خط AB (Chord Length)

E = فاصله سومه (S) تا وسط قوس (بیشترین قوس) External Distance یا طول خارجی قوس

T = مماس‌های SA و SB که با هم برابرند (Tangent)

M = فاصله وسط قوس تا وسط وتر (طول میانی) (Middle Distance)

$$\Delta OBS \Rightarrow \tan \frac{\Delta}{2} = \frac{T}{R} \Rightarrow T = R \tan \frac{\Delta}{2}$$

$$\Delta ODA \Rightarrow \begin{cases} \sin \frac{\Delta}{2} = \frac{AD}{OA} = \frac{c/2}{R} \Rightarrow C = 2R \sin \frac{\Delta}{2} \\ \cos \frac{\Delta}{2} = \frac{OD}{OA} = \frac{R-M}{R} \Rightarrow M = R(1 - \cos \frac{\Delta}{2}) \end{cases}$$

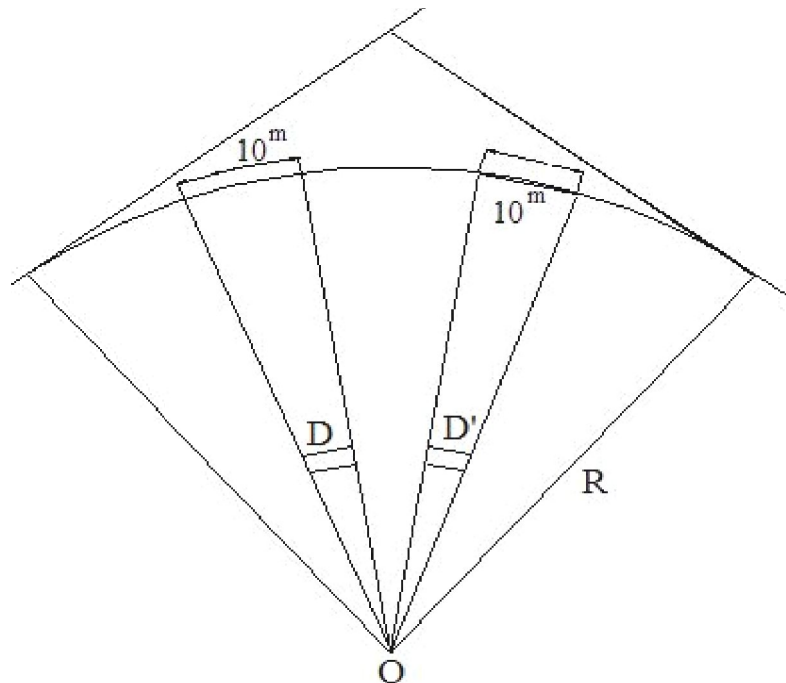
$$\Delta OAS \Rightarrow \begin{cases} \cos \frac{\Delta}{2} = \frac{OA}{OS} = \frac{R}{R+E} \Rightarrow E = R(\sec \frac{\Delta}{2} - 1) \\ \sin \frac{\Delta}{2} = \frac{T}{R+E} \Rightarrow E = \frac{T}{\sin \frac{\Delta}{2}} - R \end{cases}$$

$$\tan \frac{\Delta}{2} = \frac{T}{R} \Rightarrow E = T \left( \frac{1}{\sin \frac{\Delta}{2}} - \frac{1}{\tan \frac{\Delta}{2}} \right) = T \left( \frac{1 - \cos \frac{\Delta}{2}}{\sin \frac{\Delta}{2}} \right) = T (2 \sin^2 \frac{\Delta}{4}) / 2 \sin \frac{\Delta}{4} \cos \frac{\Delta}{4} \Rightarrow E = T \tan \frac{\Delta}{4}$$

### درجه قوس

دو نوع تعریف وجود دارد:

- ۱- عبارت است از زاویه مرکزی روبروی قوسی به طول  $10^m$  (با  $D$  نشان داده می‌شود).
  - ۲- عبارت است از زاویه مرکزی روبروی وتری به طول  $10^m$  (با  $D'$  نشان داده می‌شود).
- توجه شود که همیشه  $D < D'$  و هرچه درجه قوس بیشتر گردد، شعاع قوس کمتر است.

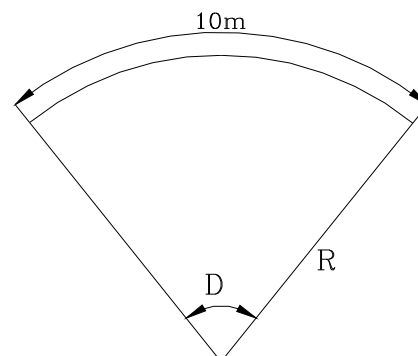


### رابطه بین شعاع و درجه قوس

الف - درجه قوس = زاویه مرکزی روبروی قوس به طول ۱۰ متر =  $D$

$$R^{(m)} = \frac{10^m}{D(rad)}$$

$$R^{(m)} = \frac{10^m}{D \times \frac{2\pi}{360}} = \frac{572.96}{D(deg)}$$

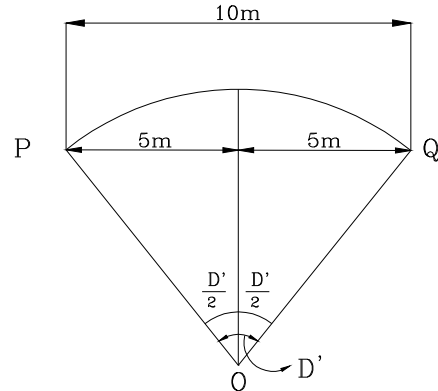




ب - درجه قوس = زاویه مرکزی روبروی وتری به طول  $D' = 10^m$

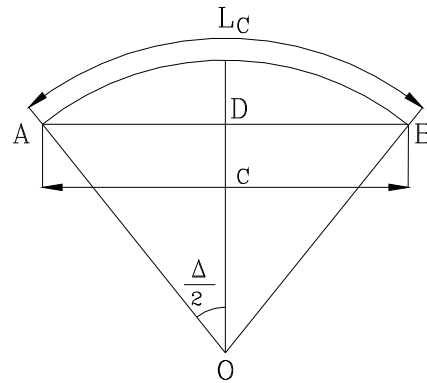
$$\Delta APO \Rightarrow \sin \frac{D'}{2} = \frac{5}{R}$$

$$D' = 2 \sin^{-1} \left( \frac{5}{R} \right) , \quad R = \frac{5}{\sin \frac{D'}{2}}$$



- رابطه بین طول قوس ( $L_c$ ) (به متر) و طول وتر ( $C$ ) (به متر) با استفاده از درجه قوس  $D$  (به درجه):

$$L_c = \frac{20}{D} \sin^{-1} \left( \frac{CD}{2 \times 572.96} \right) \quad D \text{ باید به درجه باشد}$$



- رابطه بین طول قوس ( $L_c$ ) (به متر) و طول وتر ( $C$ ) (به متر) با استفاده از درجه قوس  $D'$  (به درجه):

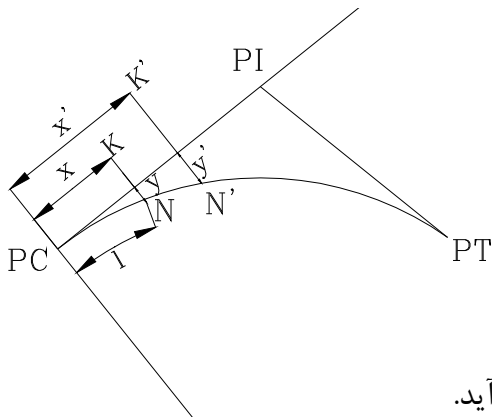
$$L_c = \frac{0.174532925}{\sin \frac{D'}{2}} \sin^{-1} \left( \frac{C}{10} \sin \frac{D'}{2} \right)$$

- رابطه بین طول قوس ( $L_c$ )، زاویه تقاطع ( $\Delta$ ) و درجه قوس ( $D$ ):

$$L_c = 10 \frac{\Delta}{D}$$

### ۳-۳-۲- روشهای پیاده کردن قوس دایره

#### الف- پیاده کردن قوس دایره به روش مختصات



۱- با استقرار دوربین در نقاط PC و PT را با

داشتن طول تانژانت (T) روی زمین پیاده می کنیم.

۲- دوربین را روی PC مستقر کرده و روی امتداد

PC-PI، طولهای در حدود ۳۰ متر بصورت x جدا

می نمائیم.

۳- طول  $y = R - \sqrt{R^2 - x^2}$  را از نقطه K در راستای

عمود بر امتداد فوق جدا می کنیم و نقطه N بدست می آید.

۴- برای نقاط بعدی طول  $x'$  را از مبدا PC در نظر گرفته و  $y' = R - \sqrt{R^2 - x'^2}$  را محاسبه

کرده ولی جهت مترکشی طول  $kk' = x' - x$  را از نقطه k جدا و سپس طول آن را به صورت عمود

جدا کرده و نقطه  $N'$  را بدست می آوریم.

#### - تعیین کیلومتر نقاط

$$\text{km}(N) = \text{km}(PC) + l$$

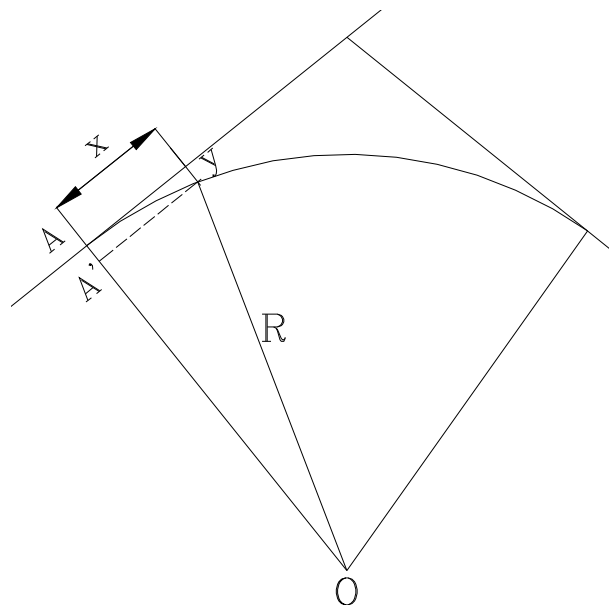
$$l = (2 \tan^{-1} \frac{y}{x}) \cdot \frac{L}{\Delta} \quad \text{L: طول کل قوس}$$

اثبات رابطه استفاده شده برای y

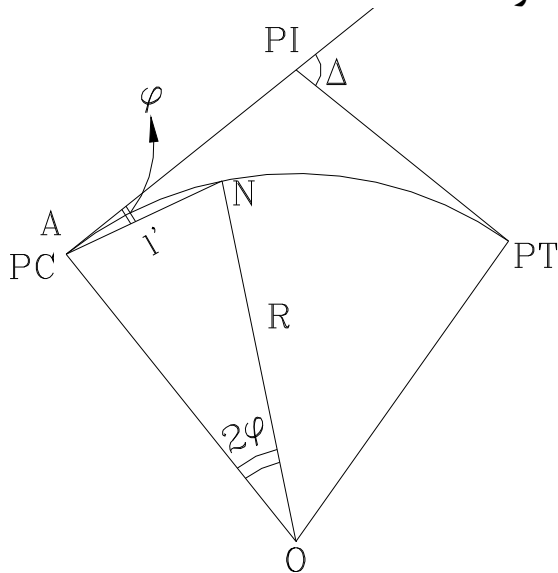
$$y = R - OA'$$

$$OA' = \sqrt{R^2 - x^2}$$

$$y = R - \sqrt{R^2 - x^2}$$



ب- پیاده کردن قوس دایره به روش زاویه انحراف



$$\varphi = \frac{L}{2R}$$

$L$  = طول قوس واقعی

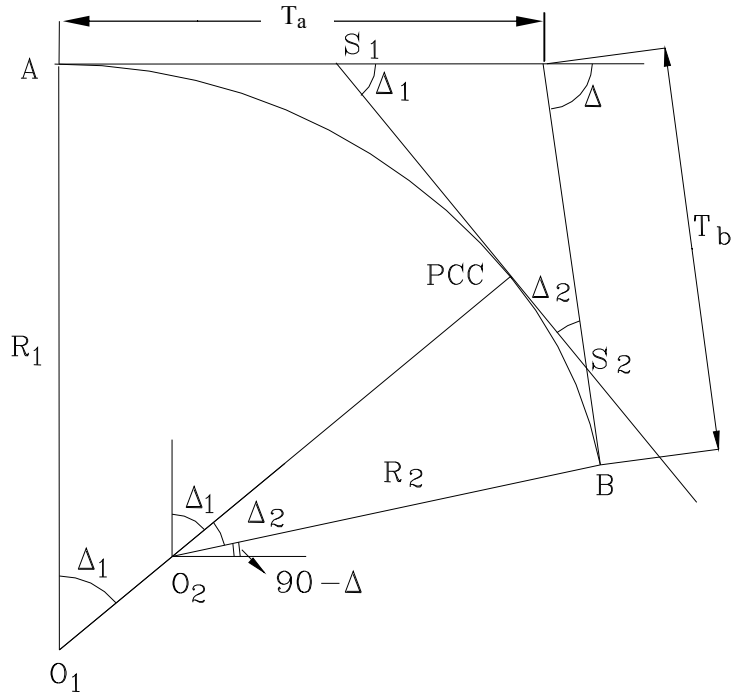
$L'$  = (وتر روبروی قوس)

$$L' = 2R \sin \varphi$$

- ۱- نقاط PC و PT را با استقرار دوربین در PI و جدا کردن طولهای T در روی مماس‌ها پیاده می‌کنیم.
- ۲- دوربین را در نقطه PC مستقر نموده و لمب افقی را در امتداد PC-PI صفر می‌نمائیم.
- ۳- به اندازه زاویه  $\varphi$  از راستای PC-PI منحرف شده و طول وتر  $L' = 2R \sin \varphi$  را مترکشی می‌نمائیم. انتهای این طول، نقطه N اولین نقطه قوس بدست می‌آید.
- ۴- برای پیاده کردن نقطه بعدی زاویه‌ای به اندازه  $2\varphi$  (در صورتی که طول قوس دوم برابر طول قوس اول انتخاب شود) از راستای صفر جدا نموده، و سپس از نقطه PC طولی معادل وتر  $L'$  مترکشی می‌نمائیم تا یک نقطه دیگر قوس پیاده شود.
- ۵- نقاط بعدی به همین ترتیب با انتخاب زوایای  $3\varphi$  و  $4\varphi$  و ... پیاده می‌گردد.

### ۳-۳-۲- قوسهای مرکب (دو مرکزی)

نقطه تماس در قوس مرکب را نقطه قوسهای مرکب (Point of Compound Curves) یا PCC می‌نامند.



$T_a$  = مماس بزرگ

$T_b$  = مماس کوچک

$$\Delta = \Delta_1 + \Delta_2$$

$$T_a = \frac{R_2 - R_1 \cos \Delta + (R_1 - R_2) \cos \Delta_2}{\sin \Delta}$$

$$T_b = \frac{R_1 - R_2 \cos \Delta - (R_1 - R_2) \cos \Delta_1}{\sin \Delta}$$

$$\tan \frac{\Delta_1}{2} = \frac{T_b \sin \Delta - R_2 (1 - \cos \Delta)}{T_a + T_b \cos \Delta - R_2 \sin \Delta}$$

$$\tan \frac{\Delta_2}{2} = \frac{R_1 (1 - \cos \Delta) - T_a \sin \Delta}{R_1 \sin \Delta - T_a \cos \Delta - T_b}$$

$$R_1 = R_2 + \frac{T_b \sin \Delta - R_2 (1 - \cos \Delta)}{1 - \cos \Delta_1}$$

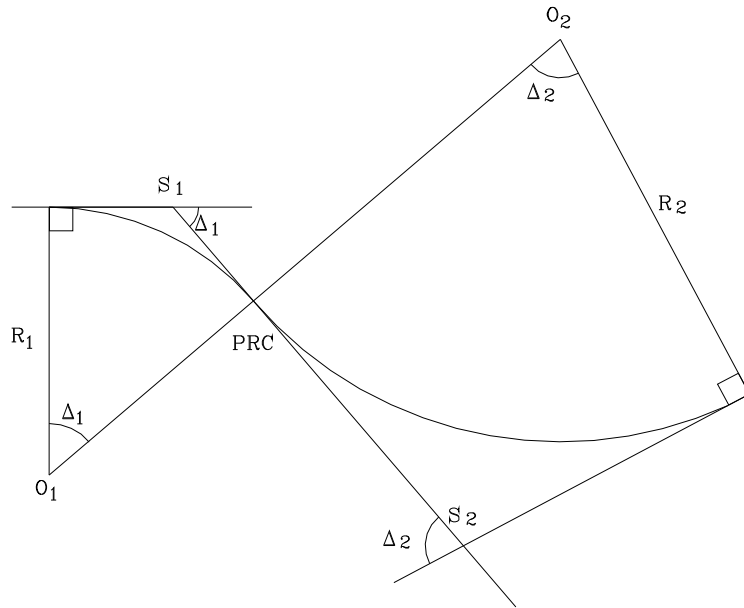
### آئین نامه وزارت راه در مورد شعاع قوسهای مرکب و طول آنها

در پیچ مرکب هنگامی که قوس بزرگتر، ۴۵۰ متر یا کمتر باشد، شعاع قوس کوچکتر باید حداقل دو سوم شعاع قوس بزرگتر در نظر گرفته شود. طول کل قوس در پیچ مرکب نباید از ۱۵۰ متر کمتر باشد.

### ۳-۳-۳- قوسهای معکوس

دو قوس دایره که در دو طرف مخالف نسبت به مماس مشترک واقع شده‌اند تشکیل قوس معکوس را می‌دهند.

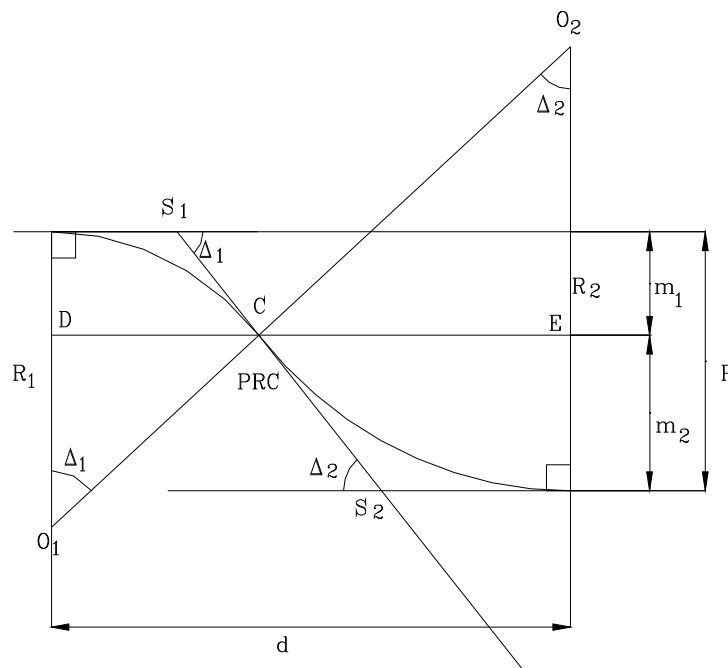
نقطه تماس دو قوس معکوس، نقطه مشترک قوسهای معکوس (Point of Reverse Curves) یا PRC نامیده می‌شود.



### انواع قوس های معکوس

#### الف- قوسهای معکوس بین دو مماس موازی

از این قوس‌ها معمولاً برای تغییر بین دو ریل موازی در راه‌آهن استفاده می‌شود.



$$\Delta_1 = \Delta_2 = \Delta$$

$$\text{فاصله بین دو مرکز قوس} = d = DE = DC + CE = (R_1 + R_2) \sin \Delta$$

$$\text{فاصله بین دو مماس موازی} = P = m_1 + m_2 = (R_1 + R_2)(1 - \cos \Delta)$$

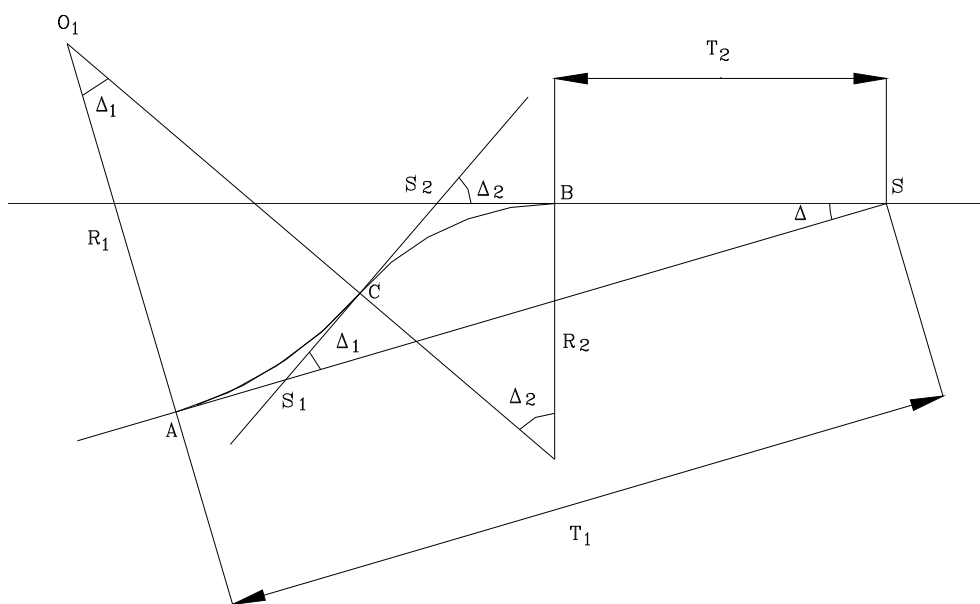
حالت خاص:  $R_1 = R_2$ :

$$d = 2R \sin \Delta$$

$$P = 2R(1 - \cos \Delta) \Rightarrow \cos \Delta = \frac{2R - P}{2R}$$

$$d = 2R \sqrt{1 - \left(\frac{2R - P}{2R}\right)^2} \Rightarrow d = 2\sqrt{P\left(R - \frac{P}{4}\right)}$$

ب- قوسهای معکوس بین دو مماس غیر موازی



فرض کنید زاویه  $\Delta$ ، شعاع  $R_1$ ، شعاع  $R_2$ ، و موقعیت نقطه  $A$  ( $T_1$ ) معلوم است.

می‌خواهیم موقعیت نقطه  $B$  ( $T_2$ ) و زوایای  $\Delta_1$  و  $\Delta_2$  را تعیین کنیم.

$$\cos \Delta_2 = \frac{R_2 + R_1 \cos \Delta - T_1 \sin \Delta}{R_1 + R_2}$$

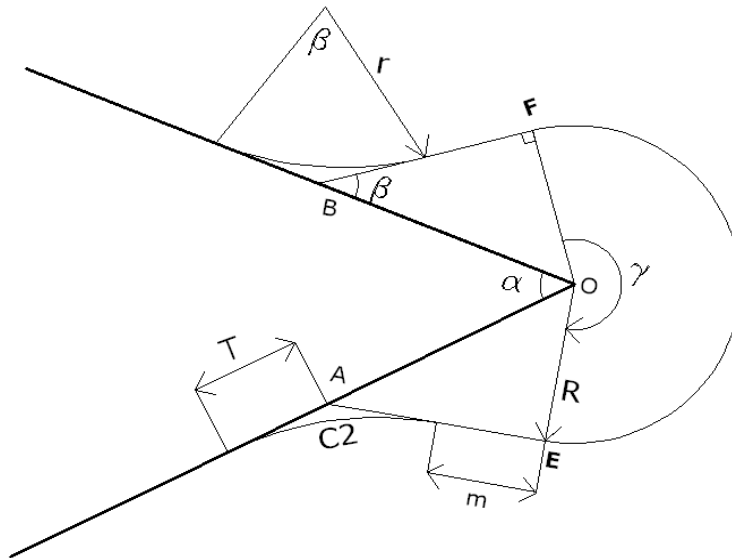
$$\Delta_1 = \Delta_2 - \Delta$$

$$T_2 = T_1 \cos \Delta + R_1 \sin \Delta - (R_1 + R_2) \sin \Delta_2$$

### ۳-۳-۴- طراحی گردنه‌ها با پیچ‌های معکوس (سرپانتین)

در مناطق کوهستانی، امکان استفاده از قوس‌های بزرگ به علت محدودیت‌های اقتصادی و اجرایی وجود ندارد و نتیجتاً گردنه‌ها از پیچ‌های تند معکوس تشکیل می‌گردد. پیچ معکوس دارای یک قوس اصلی C و یک قوس معکوس C2 و یک ارتباط مستقیم بین آنها می‌باشد.

#### اجزای قوس سرپانتین



$\alpha$  = زاویه پیچ

$\gamma$  = زاویه قوس اصلی

$R$  = شعاع قوس اصلی

$L_C$  = طول قوس اصلی

$m$  = طول رابط مستقیم بین دو قوس

$r$  = شعاع قوس معکوس

برای طراحی پیچ‌های معکوس، شعاع قوس اصلی ( $R$ ) و شعاع قوس معکوس ( $r$ ) و طول رابط مستقیم بین دو قوس ( $m$ ) را انتخاب کرده و سپس زاویه قوس معکوس در نقاط  $A$  و  $B$  (یعنی زاویه  $\beta$ ) تعیین می‌گردد.

$$T = r \tan \frac{\beta}{2}$$

$$\Delta BOF : \tan \beta = \frac{R}{T+m} = \frac{R}{r \tan \frac{\beta}{2} + m}$$

همچنین:

$$\tan \beta = \frac{2 \tan \frac{\beta}{2}}{1 - \tan^2 \frac{\beta}{2}}$$

بنابر این:

$$\tan \frac{\beta}{2} = \frac{-m + \sqrt{m^2 + R(2r + R)}}{R + 2r}$$

$$\Rightarrow \beta = 2 \tan^{-1} \left[ \frac{-m + \sqrt{m^2 + R(2r + R)}}{R + 2r} \right]$$

$$AO = OB = \frac{T+m}{\cos \beta} = \frac{R}{\sin \beta}$$

$$\gamma = 2\pi - 2\left(\frac{\pi}{2} - \beta\right) - \alpha \Rightarrow \gamma = \pi + 2\beta - \alpha \quad \text{زاویه قوس اصلی}$$

$$l_C = R\gamma \times \frac{\pi}{180} \quad \text{طول قوس اصلی}$$

$$l_T = 2(L_{C2} + m) + L_C \quad \text{طول کل پیچ}$$

#### اجزای مختلف سرپانتهای برای سرعت‌های طرح مختلف

| $30 \frac{km}{hr}$ | $25 \frac{km}{hr}$ | $20 \frac{km}{hr}$ |                                   |
|--------------------|--------------------|--------------------|-----------------------------------|
| 30                 | 20                 | 15                 | حد اقل شعاع پیچ اصلی (بر حسب متر) |
| 6                  | 6                  | 6                  | دور (بر حسب %)                    |
| 30                 | 25                 | 20                 | طول اتصال مستقیم (بر حسب متر)     |
| 2                  | 2.5                | 3                  | تعریض روسازی در پیچ اصلی (متر)    |
| 3                  | 3.5                | 4                  | درصد شیب طولی در پیچ اصلی (%)     |

#### ۴-۳ - قوس‌های انتقال (قوس‌های اتصال تدریجی)

معمولاً از قوس کلوتوئید برای اتصال مسیر مستقیم و مسیر منحنی دایره‌ای استفاده می‌شود.

طبق ابلاغیه‌های وزارت راه حداقل شعاع قوس بدون کلوتوئید از جدول زیر تعیین می‌شود:



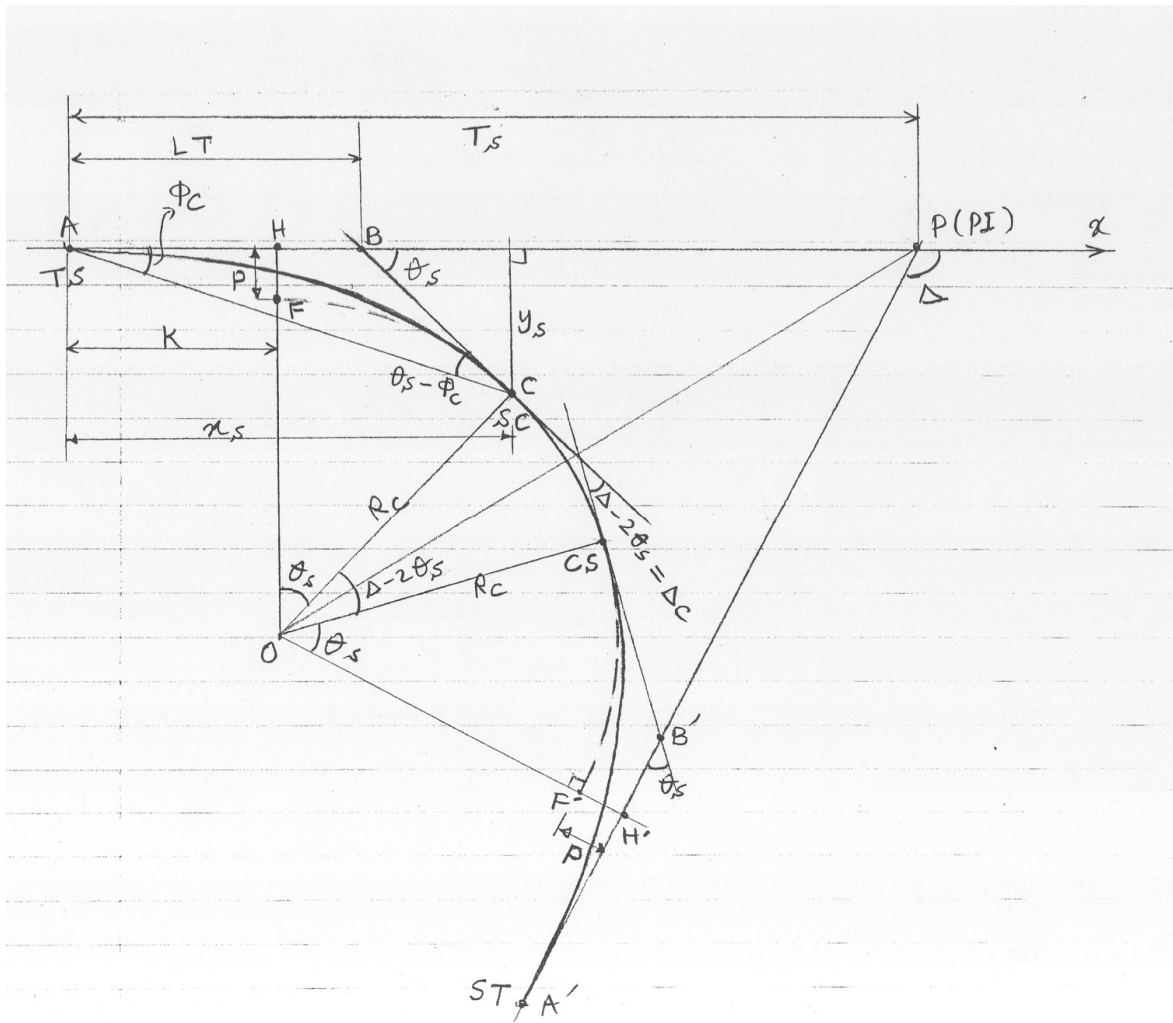
جدول ۵ - ۲۱ آئین نامه

|      |      |     |     |                    |
|------|------|-----|-----|--------------------|
| 100  | 80   | 60  | 40  | سرعت طرح (km/hr)   |
| 1700 | 1000 | 550 | 200 | حداقل شعاع پیچ (m) |

### ۳-۴-۱- مزایای کاربرد قوس‌های اتصال تدریجی

- ۱- اتصال پیچ دایره‌ای شکل به مسیرهای مستقیم می‌تواند با تغییر تدریجی شعاع انحنا انجام گیرد، این امر سبب ایمنی و همچنین راحتی سرنشین می‌شود.
- ۲- اعمال بر بلندی (دور) از مقدار حداقل تا مقدار حداکثر آن می‌تواند در طول قوس اتصال تدریجی انجام گیرد.
- ۳- اعمال اضافه عرض روسازی در پیچ، می‌تواند در طول قوس اتصال تدریجی انجام شود.
- ۴- به کار بردن قوس اتصال تدریجی سبب میشود که از وجود شکستگی در نقطه شروع و ختم پیچ دایره‌ای شکل اجتناب شود و در نتیجه راه ظاهری خوش منظره داشته باشد.

۲-۴-۳- اجزای قوس کلوئوئید



$TS$  = نقطه تغییر از مسیر مستقیم (تانژانت) به کلوئوئید (نقطه شروع کلوئوئید)

$SC$  = نقطه تغییر از کلوئوئید به قوس دایره (نقطه انتهای کلوئوئید)

$CS$  = نقطه تغییر از قوس دایره به کلوئوئید

$ST$  = نقطه تغییر از کلوئوئید به تانژانت

$l$  = طول قوس کلوئوئید از  $TS$  تا یک نقطه دیگر واقع بر روی کلوئوئید

$l_s(L)$  = طول کل کلوئوئید از  $TS$  تا  $SC$

$\theta$  = زاویه مرکزی روبروی قسمتی از کلوئوئید  $l$

$\theta_s$  = زاویه کلوئوئید

$\phi$  = زاویه انحراف کلوئوئید در  $TS$  از تانژانت اولیه تا هر نقطه روی کلوئوئید

$\phi_C$  = زاویه انحراف کلوئوئید در  $TS$  از تانژانت اولیه تا نقطه انتهای کلوئوئید

$D$  = درجه قوس کلوتوئید در هر نقطه به شعاع انحنای  $R$   
 $D_C$  = درجه قوس دایره بین  $SC$  و  $CS$  ، یعنی در جایی که شعاع دایره برابر  $R_C$  باشد  
 $\Delta$  = مجموع زاویه مرکزی قوس دایره و کلوتوئید  
 $\Delta_C$  = زاویه مرکزی از قوس دایره بطول  $l_C$  که از  $SC$  تا  $CS$  امتداد دارد  
 $R_C$  = شعاع دایره  
 $y$  = عرض هر نقطه روی کلوتوئید  
 $y_S$  = عرض نقطه  $SC$   
 $x$  = طول هر نقطه بر روی کلوتوئید  
 $x_S$  = طول نقطه  $SC$   
 $p(\Delta R)$  = فاصله مماس بر دایره تا تانژانت در محلی که این مماس موازی تانژانت است (شیفت دایره)  
 $K$  = طول دایره منحرف شده در محل فوق (محلی که مماس بر دایره موازی تانژانت است) نسبت به  $TS$   
 $T_S$  = مجموع کل طول تانژانت (طول از  $PI$  تا  $TS$ )

$$x(m) = \frac{l}{100} \left[ 100 - 0.3\theta^2 (10)^{-2} + 0.43\theta^4 (10)^{-7} - 0.3\theta^6 (10)^{-12} + 0.14\theta^8 (10)^{-17} \right]$$

$$y(m) = \frac{l}{100} \left[ 0.58\theta - 0.13\theta^3 (10)^{-4} + 0.12\theta^5 (10)^{-9} - 0.05\theta^7 (10)^{-15} \right]$$

$$\theta_S (rad) = \frac{l_S}{2R_C} \Rightarrow \theta_S (deg) = \frac{90l_S}{\pi R_C}$$

$$\theta = \left(\frac{l}{l_S}\right)^2 \theta_S$$

با قراردادن  $\theta_S$  در رابطه های فوق،  $x_S$  و  $y_S$  بدست می آید و نیز با قراردادن  $\theta$ ،  $x$  و  $y$  برای نقاط مختلف کلوتوئید محاسبه می شود.  
 همچنین داریم:

$$p = y_S - R_C (1 - \cos \theta_S)$$

$$K = x_S - R_C \sin \theta_S$$

$$T_S = (R_C + p) \tan \frac{\Delta}{2} + K$$

پارامتر کلوتوئید،  $A$  عبارتست از :

$$A = \sqrt{l_S \cdot R_C}$$

### ۳-۴-۳- روشهای تعیین حداقل طول اتصال کلوتوئید

دو روش موجود است :

۱- روش B.C.E.O.M

۲- روش AASHTO

#### روش B.C.E.O.M

الف - شرط آسایش و راحتی استفاده کنندگان از راه.

این شرط مستلزم محدود بودن تغییرات شتاب عرض ناشی از نیروی گریز از مرکز تا میزان  $\frac{g}{50}$  است.

$$l_s \geq \frac{14V}{g} \left( \frac{0.08V^2}{R_C} - g \cdot e \right)$$

$$A^2 = l_s \cdot R_C$$

$l_s$  = طول اتصال کلوتوئید (m)

$V$  = سرعت طراحی  $\left(\frac{km}{hr}\right)$

$R_C$  = شعاع قوس (m)

$g$  = شتاب ثقل  $\left(\frac{m^2}{sec}\right)$

$e$  = شیب عرضی در قوس

$A$  = پارامتر (ثابت) کلوتوئید

ب - شرط تغییر جهت شیب عرضی قوس

این شرط مستلزم آن است که شیب عرضی (از کناره راست تا کناره چپ راه) در کلیه حالات حداکثر 0.5٪ اختیار شود. شرط مذکور ایجاب می کند که:

$$l_s \geq \frac{B(e+p)}{0.005}$$

$B$  = عرض راه (m)

$p$  = شیب عرضی در قسمت مستقیم

بزرگترین  $l_s$  بدست آمده از بند (الف) یا (ب) انتخاب می شود.

#### روش AASHTO

طبق این روش  $l_s$  از دو رابطه زیر حساب شده و هر کدام طول بیشتری دهد، به عنوان طول کلوتوئید مورد استفاده قرار می گیرد :

$$l_s = \frac{0.036V^3}{R}$$

$$l_s = 13.65V.e$$

R : شعاع قوس (m)

V : سرعت طراحی (km/hr)

e : ماکزیمم شیب عرضی جاده

### ۳-۵- فاصله دید در قوسهای افقی

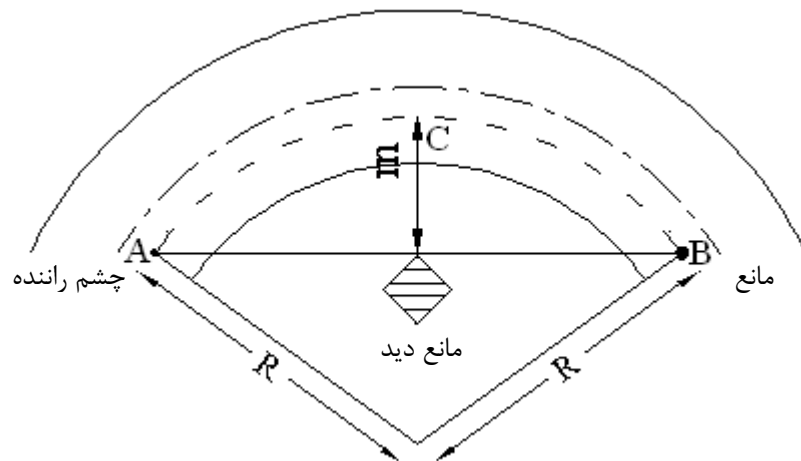
طرح امتداد راه باید طوری انجام شود که موانع از قبیل ابنیه فنی، شیروانی برشها، ساختمانها، درختان و سایر موانع در سمت داخل قوسهای افقی باعث تقلیل مسافت دید راننده نگردد. هنگام طراحی مسیر، برای فاصله دید کافی باید به شرح زیر عمل شود.

### ۳-۵-۱- فاصله دید توقف

الف- موقعی که مسافت دید توقف کمتر از طول قوس باشد. ( $S < L$ ):

در این حالت فاصله ی دید کوچکتر از طول پیچ است و خط دید در ارتفاع ۰,۶ متری در امتداد محور میانی خط عبور کناری در نظر گرفته می شود. مطابق شکل:

$$m = R(1 - \cos \frac{28.65}{R} S)$$



m فاصله ی مانع تا محور طولی خط عبور داخلی (بر حسب متر)

R شعاع پیچ (بر حسب متر)

S فاصله ی دید توقف (بر حسب متر)

مقدار زاویه بر حسب درجه است.

در این ارتباط می توان از جداول ۵-۶ و ۵-۷ استفاده کرد.

جدول ۵-۶ حداقل فاصله آزاد جانبی مانع از محور خط عبور داخلی راه در پیچها بر حسب (متر)

| S=۲۹۰  | S=۲۵۵  | S=۲۲۰  | S=۱۹۰  | S=۱۶۰  | S=۱۳۰  | S=۱۰۵ | S=۸۵ | S=۶۵  | S=۵۰ | S=۳۰ | R (متر)  |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|------|-------|------|------|----------|
| V=۱۳۰  | V=۱۲۰  | V=۱۱۰  | V=۱۰۰  | V=۹۰   | V=۸۰   | V=۷۰  | V=۶۰ | V=۵۰  | V=۴۰ | V=۳۰ | شعاع پیچ |
| -      | -      | -      | -      | -      | -      | -     | -    | ۱۰/۲۰ | ۶/۱۲ | ۲/۲۳ | ۵۰       |
| -      | -      | -      | -      | -      | -      | -     | ۸/۹۰ | ۵/۲۴  | ۳/۱۱ |      | ۱۰۰      |
| -      | -      | -      | -      | -      | -      | ۹/۱۰  | ۵/۹۸ | ۳/۵۱  | ۲/۰۸ |      | ۱۵۰      |
| -      | -      | -      | -      | -      | ۱۰/۴۷* | ۶/۸۵  | ۴/۵۰ | ۲/۶۴  | ۱/۵۶ |      | ۲۰۰      |
| -      | -      | -      | -      | ۱۲/۶۹* | ۸/۴۰   | ۵/۴۹  | ۳/۶۰ | ۲/۱۱  |      |      | ۲۵۰      |
| -      | -      | -      | *      | ۱۰/۶۱* | ۷/۰۲   | ۴/۵۸  | ۳/۰۱ | ۱/۷۶  |      |      | ۳۰۰      |
| -      | -      | ۱۵/۰۳* | ۱۱/۲۳* | ۷/۹۷   | ۵/۲۷   | ۳/۴۴  | ۲/۲۶ |       |      |      | ۴۰۰      |
| -      | ۱۶/۱۷* | ۱۲/۰۵* | ۹/۰۰   | ۶/۳۹   | ۴/۲۲   | ۲/۷۵  | ۱/۸۱ |       |      |      | ۵۰۰      |
| ۱۷/۴۴* | ۱۳/۵۰* | ۱۰/۰۶  | ۷/۵۱   | ۵/۳۳   | ۳/۵۲   | ۲/۳۰  | ۱/۵۰ |       |      |      | ۶۰۰      |
| ۱۴/۹۷* | ۱۱/۵۸* | ۸/۶۳   | ۶/۴۴   | ۴/۵۷   | ۳/۰۲   | ۱/۹۷  |      |       |      |      | ۷۰۰      |
| ۱۳/۱۱* | ۱۰/۱۴  | ۷/۵۵   | ۵/۶۳   | ۴/۰۰   | ۲/۶۴   | ۱/۷۲  |      |       |      |      | ۸۰۰      |
| ۱۱/۶۶* | ۹/۰۲   | ۶/۷۱   | ۵/۰۱   | ۳/۵۵   | ۲/۳۵   | ۱/۵۳  |      |       |      |      | ۹۰۰      |
| ۱۰/۵۰  | ۸/۱۲   | ۶/۰۴   | ۴/۵۱   | ۳/۲۰   | ۲/۱۱   |       |      |       |      |      | ۱۰۰۰     |
| ۸/۷۵   | ۶/۷۷   | ۵/۰۴   | ۳/۷۶   | ۲/۶۷   | ۱/۷۶   |       |      |       |      |      | ۱۲۰۰     |
| ۷/۵۰   | ۵/۸۰   | ۴/۳۲   | ۳/۲۲   | ۲/۲۹   | ۱/۵۱   |       |      |       |      |      | ۱۴۰۰     |
| ۶/۵۷   | ۵/۰۸   | ۳/۷۸   | ۲/۸۲   | ۲/۰۰   |        |       |      |       |      |      | ۱۶۰۰     |
| ۵/۸۴   | ۴/۵۱   | ۳/۳۶   | ۲/۵۱   | ۱/۷۸   |        |       |      |       |      |      | ۱۸۰۰     |
| ۵/۲۵   | ۴/۰۶   | ۳/۰۲   | ۲/۲۶   | ۱/۶۰   |        |       |      |       |      |      | ۲۰۰۰     |
| ۴/۲۰   | ۳/۲۵   | ۲/۴۲   | ۱/۸۱   |        |        |       |      |       |      |      | ۲۵۰۰     |
| ۳/۵۰   | ۲/۷۱   | ۲/۰۲   | ۱/۵۰   |        |        |       |      |       |      |      | ۳۰۰۰     |

\* بر بلندی بیش از ۶٪

جدول ۵-۷ حداقل فاصله دید توقف در پیچها\*

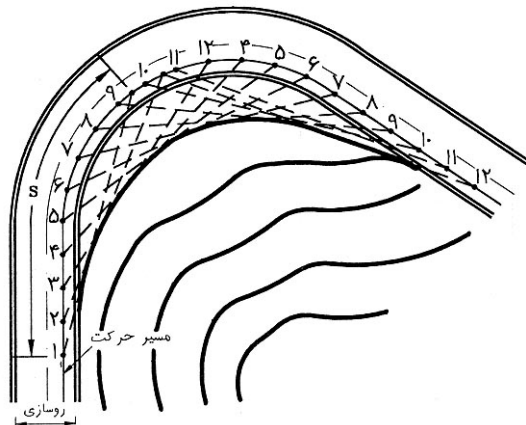
| m=۱۱ | m=۱۰ | m=۹ | m=۸ | m=۷ | m=۶ | m=۵ | m=۴ | m=۳ | m=۲ | R (متر) |
|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---------|
| ۶۸   | ۶۴   | ۶۱  | ۵۷  | ۵۴  | ۴۹  | ۴۵  | ۴۰  | ۳۵  | ۲۸  | ۵۰      |
| ۹۵   | ۹۰   | ۸۵  | ۸۱  | ۷۵  | ۷۰  | ۶۴  | ۵۷  | ۴۹  | ۴۰  | ۱۰۰     |
| ۱۱۶  | ۱۱۰  | ۱۰۴ | ۹۸  | ۹۲  | ۸۵  | ۷۸  | ۶۹  | ۶۰  | ۴۹  | ۱۵۰     |
| ۱۳۳  | ۱۲۷  | ۱۲۰ | ۱۱۴ | ۱۰۶ | ۹۸  | ۹۰  | ۸۰  | ۶۹  | ۵۷  | ۲۰۰     |
| ۱۴۹  | ۱۴۲  | ۱۳۵ | ۱۲۷ | ۱۱۹ | ۱۱۰ | ۱۰۰ | ۹۰  | ۷۸  | ۶۳  | ۲۵۰     |
| ۱۶۳  | ۱۵۵  | ۱۴۷ | ۱۳۹ | ۱۳۰ | ۱۲۰ | ۱۱۰ | ۹۸  | ۸۵  | ۶۹  | ۳۰۰     |
| ۱۸۸  | ۱۷۹  | ۱۷۰ | ۱۶۰ | ۱۵۰ | ۱۳۹ | ۱۲۷ | ۱۱۳ | ۹۸  | ۸۰  | ۴۰۰     |
| ۲۱۰  | ۲۰۰  | ۱۹۰ | ۱۷۹ | ۱۶۸ | ۱۵۵ | ۱۴۲ | ۱۲۷ | ۱۱۰ | ۸۹  | ۵۰۰     |
| ۲۳۰  | ۲۱۹  | ۲۰۸ | ۱۹۶ | ۱۸۳ | ۱۷۰ | ۱۵۵ | ۱۳۹ | ۱۲۰ | ۹۸  | ۶۰۰     |
| ۲۴۹  | ۲۳۷  | ۲۲۵ | ۲۱۲ | ۱۹۸ | ۱۸۳ | ۱۶۷ | ۱۵۰ | ۱۳۰ | ۱۰۶ | ۷۰۰     |
| ۲۶۶  | ۲۵۳  | ۲۴۰ | ۲۲۶ | ۲۱۲ | ۱۹۶ | ۱۷۹ | ۱۶۰ | ۱۳۹ | ۱۱۳ | ۸۰۰     |
| ۲۸۲  | ۲۶۹  | ۲۵۵ | ۲۴۰ | ۲۲۵ | ۲۰۸ | ۱۹۰ | ۱۷۰ | ۱۴۷ | ۱۲۰ | ۹۰۰     |
| ۲۹۷  | ۲۸۳  | ۲۶۹ | ۲۵۳ | ۲۳۷ | ۲۱۹ | ۲۰۰ | ۱۷۹ | ۱۵۵ | ۱۲۷ | ۱۰۰۰    |
| ۳۲۵  | ۳۱۰  | ۲۹۴ | ۲۷۷ | ۲۵۹ | ۲۴۰ | ۲۱۹ | ۱۹۶ | ۱۷۰ | ۱۳۹ | ۱۲۰۰    |
| ۳۵۱  | ۳۳۵  | ۳۱۸ | ۲۹۹ | ۲۸۰ | ۲۵۹ | ۲۳۷ | ۲۱۲ | ۱۸۳ | ۱۵۰ | ۱۴۰۰    |
| ۳۷۵  | ۳۵۸  | ۳۴۰ | ۳۲۰ | ۲۹۹ | ۲۷۷ | ۲۵۳ | ۲۲۶ | ۱۹۶ | ۱۶۰ | ۱۶۰۰    |
| ۳۹۸  | ۳۸۰  | ۳۶۰ | ۳۴۰ | ۳۱۸ | ۲۹۴ | ۲۶۸ | ۲۴۰ | ۲۰۸ | ۱۷۰ | ۱۸۰۰    |
| ۴۲۰  | ۴۰۰  | ۳۸۰ | ۳۵۸ | ۳۳۵ | ۳۱۰ | ۲۸۳ | ۲۵۳ | ۲۱۹ | ۱۷۹ | ۲۰۰۰    |
| ۴۶۹  | ۴۴۷  | ۴۲۴ | ۴۰۰ | ۳۷۴ | ۳۴۶ | ۳۱۶ | ۲۸۳ | ۲۴۵ | ۲۰۰ | ۲۵۰۰    |
| ۵۱۴  | ۴۹۰  | ۴۶۵ | ۴۳۸ | ۴۱۰ | ۳۸۰ | ۳۴۶ | ۳۱۰ | ۲۶۸ | ۲۱۹ | ۳۰۰۰    |

ε R و m مطابق تعاریف قبل است.

ب- موقعی که مسافت دید  $S$  بزرگتر از طول قوس  $L$  باشد ( $S > L$ )  
 در این حالت فاصله دید بزرگتر از طول پیچ است و خط دید در ارتفاع  $۰,۶۰$  متری در امتداد محور  
 میانی خط عبور کناری در نظر گرفته شده است و برای محاسبه  $m$  از رابطه ی زیر استفاده می شود:

$$m = \frac{L(2S - L)}{8R}$$

برای پاک سازی محوطه شامل درختان یا زمین طبیعی می توان با در نظر گرفتن فاصله ی دید  
 مطابق شکل زیر عمل کرد:



شکل ۳-۵ نحوه تعیین میزان پاکسازی محوطه در پیچ

### ۳-۵-۲- فاصله دید سبقت

برای یک سرعت طرح معین، حداقل فاصله دید سبقت برای یک راه دوخطه چند برابر فاصله دید  
 توقف است. بنابراین فاصله آزاد جانبی مربوط به حداقل فاصله دید سبقت در مقایسه با فاصله دید توقف  
 بسیار بزرگتر خواهد بود.

لذا تأمین این فاصله آزاد برای امکان سبقت فقط در قوسهای با شعاع انحنای بزرگ امکان پذیر  
 است.

### ۳-۶- تعریض روسازی راه در قوسها

عرض روسازی راه در پیچ ها به دلیل زیر افزایش داده می شود:

۱- خودرو در پیچ ها عرض بیشتری اشغال می کند .

۲- معمولاً راننده در پیچ به سختی می تواند از محور خطی که در آن حرکت می کند پیروی نماید

#### ۳-۶-۱- روش محاسبه اضافه عرض راه

$$W = W_c - W_n$$

$$W_c = 2(u + c) + F_A + Z$$

$$W = \text{اضافه عرض روسازی برای راههای دوخطه (m)}$$

$$W_c = \text{عرض روسازی راه دوخطه در پیچ (m)}$$

$$W_n = \text{عرض روسازی راه دوخطه در مسیر مستقیم (m)}$$

$$u = \text{عرضی که توسط وسیله نقلیه (خارج به خارج چرخها) در قوس اشغال میشود (m)}$$

$$c = \text{فاصله آزاد جانبی وسیله نقلیه برای روسازی با عرض ۶ و ۶,۵ و ۷,۳ متر این مقدار به ترتیب}$$

برابر است با ۰,۶ و ۰,۷ و ۰,۹ متر فرض می شود .

$$F_A = \text{عرض پیش آمدگی جلو وسیله نقلیه (m)}$$

$$Z = \text{عرض اضافی مجاز به دلیل دشواری رانندگی در پیچ (m)}$$

مقادیر  $u, Z, F_A$  از رابطه های زیر بدست می آیند :

$$u = u_0 + R - \sqrt{R^2 - L^2}$$

$$F_A = \sqrt{R^2 + A(2l + A)} - R$$

$$Z = \frac{V}{10\sqrt{R}}$$

$$u_0 = \text{عرض که توسط وسیله نقلیه (عرض خارجی چرخها) در مسیر مستقیم اشغال میشود.}$$

$$R = \text{شعاع محور راه دوخطه در پیچ (m)}$$

$$L = \text{فاصله بین محورهای جلو و عقب (m)}$$

$$A = \text{فاصله بین پیش آمدگی جلو وسیله نقلیه و محور جلو (m)}$$

$$V = \text{سرعت طرح (km/hr)}$$

برای تعیین مقدار اضافه عرض روسازی در پیچ لازم است که وسیله نقلیه مناسبی که نماینده نوع

وسایل نقلیه در راه مورد نظر است انتخاب و مبنای طراحی قرار گیرد.



### طبق آیین نامه

- برای پیچها با شعاع کمتر از ۱۷۰ متر، حداقل اضافه عرض = ۰,۶ متر
- برای روسازی راههای دوخطه به عرض ۷,۳ متر برای شعاع انحنای بیشتر از ۱۷۰ متر اضافه عرض در نظر گرفته نمی شود .
- اضافه عرض روسازی راههای دوخطه یکطرفه مانند راههای دوخطه دوطرفه در نظر گرفته میشود .
- برای راههای چهارخطه جدا نشده اضافه عرض روسازی دو برابر مقدار نظیر برای راههای دوخطه دوطرفه خواهد بود .

### ۳-۶-۲ - نحوه اعمال اضافه عرض طبق آیین نامه

- الف-** در پیچ ساده (بدون قوس اتصال تدریجی) تعریض فقط در امتداد لبه داخلی سواره رو انجام می شود. در پیچ باقوس اتصال تدریجی تعریض در امتداد لبه داخلی یا نیمی از تعریض در امتداد لبه داخلی و نیم دیگر در امتداد لبه خارجی صورت میگیرد.
- ب-** تعریض معمولاً به صورت تدریجی انجام میگیرد. بهتر است تعریض در طول تامین برابندی انجام شود. معمولاً تعریض در طولی برابر ۳۰ تا ۶۰ متر صورت می گیرد.
- ج-** بهتر است تعریض به جای خط مستقیم به صورت یک قوس ملایم و هماهنگ انجام شود.
- د-** در پیچ ساده ممکن است  $\frac{1}{2}$  تا  $\frac{2}{3}$  طول تامین اضافه عرض در امتداد مستقیم و مابقی در طول پیچ انجام شود. در پیچ با اتصال تدریجی، تامین اضافه عرض در طول قوس اتصال تدریجی انجام می شود.