



دانشگاه صنعتی اصفهان  
دانشکده مهندسی حمل و نقل

## طرح هندسی پیشرفته

فصل دهم: تقاطعهای غیرهمسطح

طراحی پایانه رابطها

مدرس: محمد تمنایی

بهار ۱۳۹۵

## اصول توازن در خطوط (Lane Balance)

اصل ۱: در پیوند دو مسیر (ورودی)، تعداد خطوط بعد از پیوند دو جریان ترافیک نباید کمتر از مجموع خطوط ترافیکی منهای یک باشد.

اصل ۲: در انشعاب (خروجی)، تعداد خطهای عبور جریان ترافیک مسیر اصلی، قبل از رسیدن به محل واگرایی باید مساوی با مجموع تعداد خطهای عبور دو انشعاب منهای یک باشد.

اصل ۳: کاهش خطوط عبوری نباید بیش از یک خط در هر بار باشد.



Merging

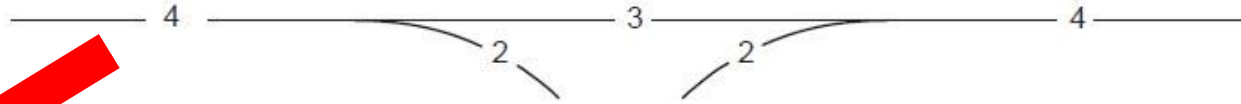
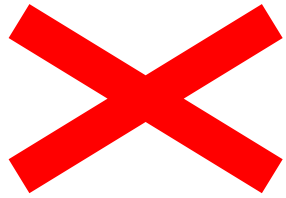
Diverging



AASHTO  
Fig. 10.50

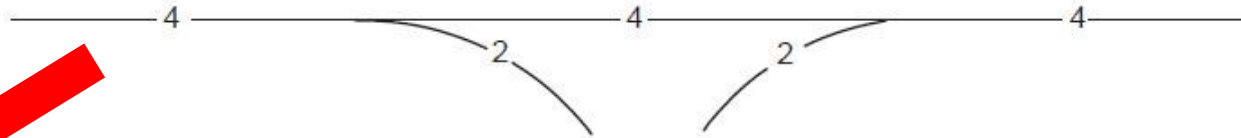
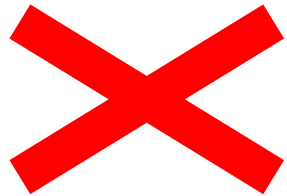


استثنا: فاصله بین دو رابط خروجی و ورودی کم باشد



Lane Balance but No Compliance with Basic Number of Lanes

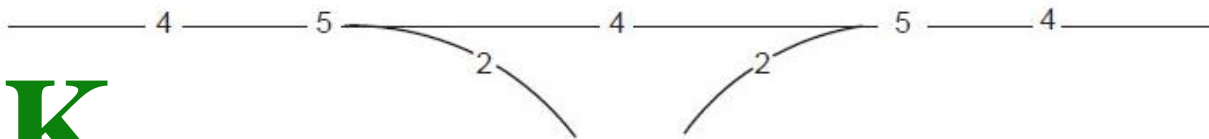
- A -



No Lane Balance but Compliance with Basic Number of Lanes

- B -

OK

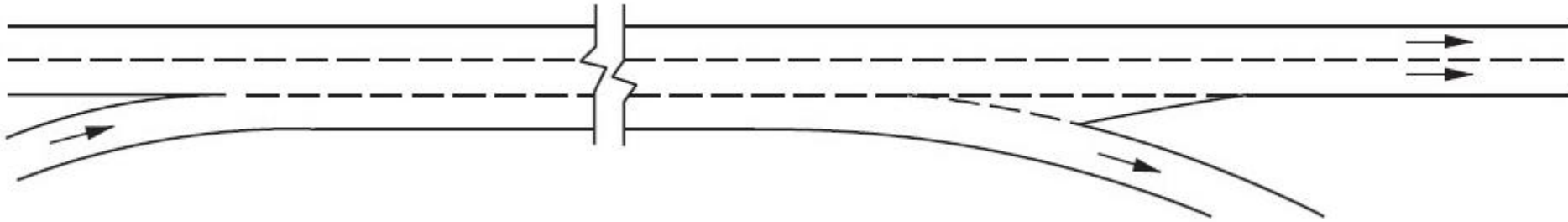


Compliance with Both Lane Balance and Basic Number of Lanes

- C -



Figure 10-51. Coordination of Lane Balance and Basic Number of Lanes



Auxiliary Lane between Cloverleaf Loops or Closely Spaced Interchanges Dropped on Single Exit Lane

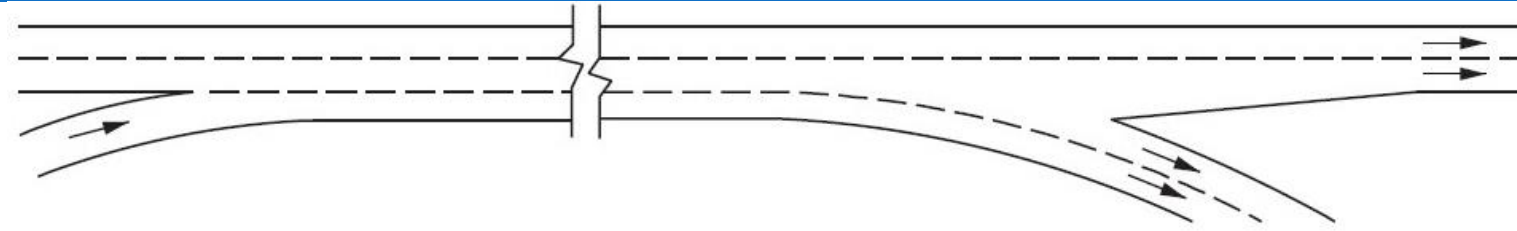
– B –

بر اساس اصول توازن خطوط، شکل **B** درست است؟  
 ورودی و خروجی کمتر از ۴۵۰ متر (یک درجه آزادی)

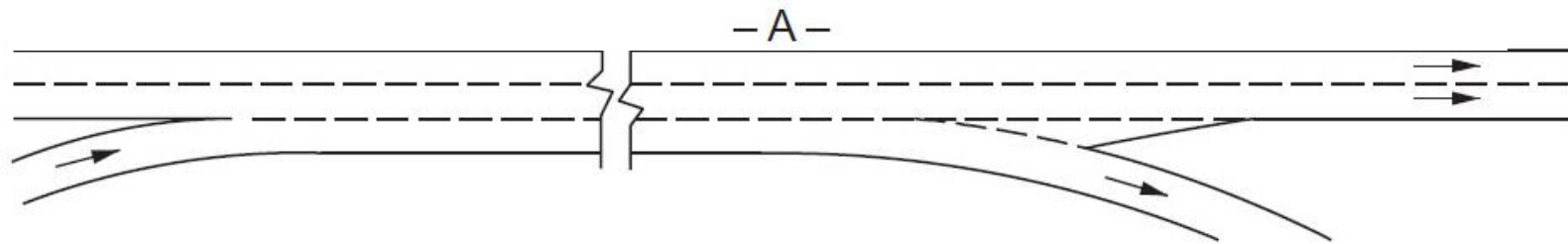


طرح هندسی

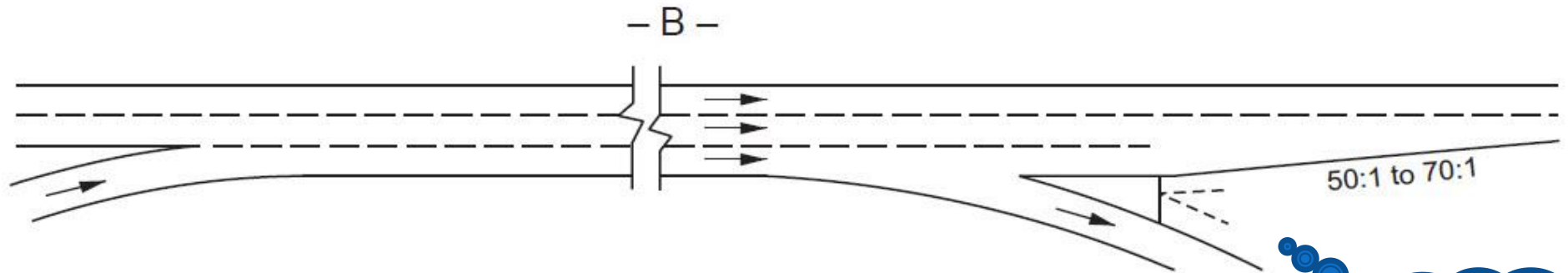
حذف خط کمکی



Auxiliary Lane Dropped on Exit Ramp



Auxiliary Lane between Cloverleaf Loops or Closely Spaced Interchanges Dropped on Single Exit Lane

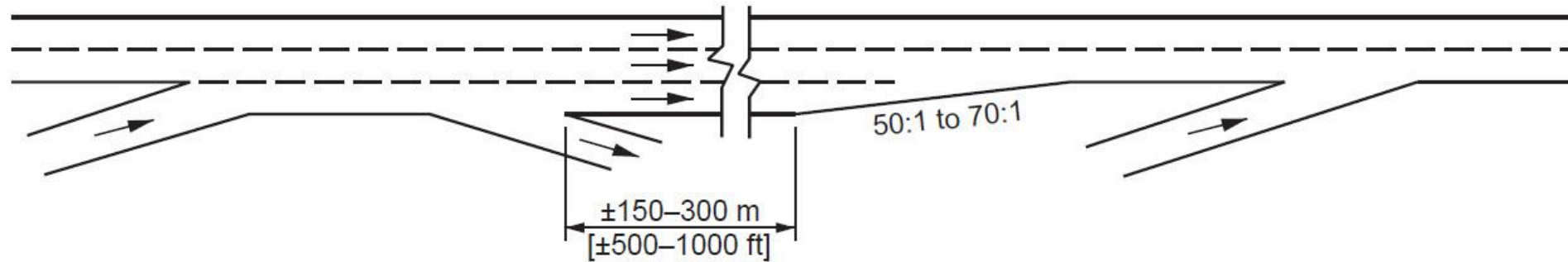


Auxiliary Lane Dropped at Physical Nose

- C -



فلسفه این روش حذف خط کمکی چیست؟



Auxiliary Lane Dropped within an Interchange

- D -





## سرعت طراحی رابطها

برای رابطهای خروجی از آزادراه و بزرگراه، سرعت طرح نباید کمتر از ۸۰ کیلومتر در ساعت باشد.

Table 10-1. Guide Values for Ramp Design Speed as Related to Highway Design Speed

Metric								
Highway design speed (km/h)	50	60	70	80	90	100	110	120
Ramp design speed (km/h)								
Upper range (85%)	40	50	60	70	80	90	100	110
Middle range (70%)	30	40	50	60	60	70	80	90
Lower range (50%)	20	30	40	40	50	50	60	70
Corresponding minimum radius (m)	see Table 3-7							





### سرعت طراحی لوپ

در راههای با سرعت طرح  $80 \text{ km/h}$  و بیشتر، نباید کمتر از  $40 \text{ km/h}$  باشد.

### سرعت طراحی رابط جهتی

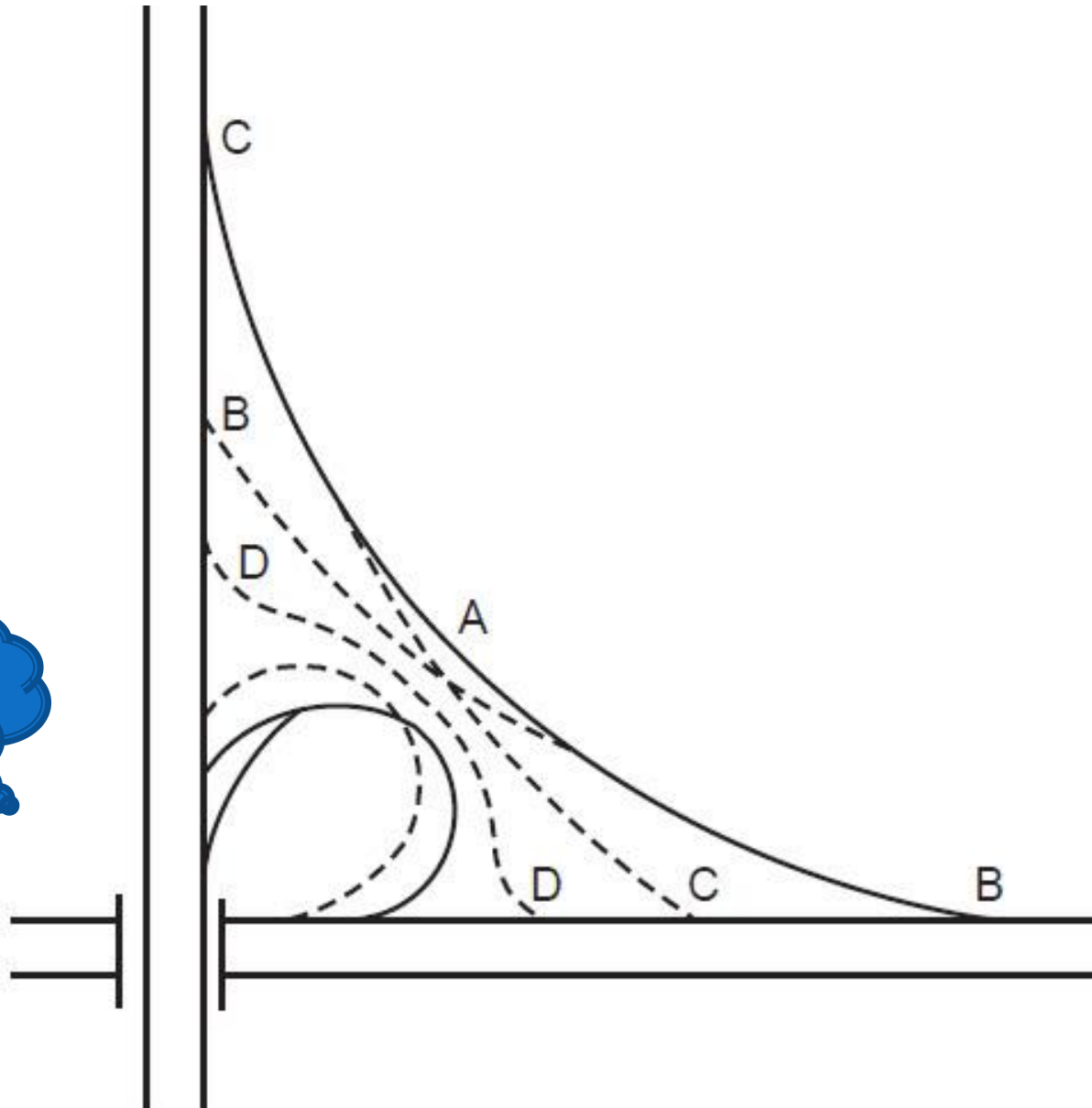
حداقل  $60 \text{ km/h}$

### سرعت طراحی رابط نیمه جهتی

حداقل  $50 \text{ km/h}$



تفاوت انواع حالات رمپ راستگرد؟



AASHTO  
Fig. 10.59



یک بری در رابطها؟

شیب عرضی رابطها؟



## شیب طولی رابطها:

شیب طولی رابطها: حداکثر ۸٪

شیب طولی لوپ ها معمولاً بین ۵ تا ۸٪ و شیب طولی رمپ ها حدود ۳ تا ۵٪ است.

جدول ۹-۴ - حداکثر شیب طولی رابطها

درصد وسایل نقلیه سنگین نسبت به حجم ترافیک		نوع رابط و قرارگیری آن
کمتر از ۵ درصد	۵ درصد و بیشتر	
۸	۸	ورودی سرازیری
۷	۶	سربالایی
۵	۵	خروجی سرازیری
۹	۸	سربالایی

آیین نامه ۴۱۵  
جدول ۹-۴



## عرض خط در رابطها:

شعاع بیشتر از ۹۰ متر: عرض خط رابط ۳.۶۵ متر

شعاع کمتر از ۹۰ متر: تعریض

جدول ۹-۶- تعریض خطهای عبور

عرض خط عبور (متر)	تعریض (متر)	شعاع رابط (متر)
۵/۶۵	۲	<۴۰
۵/۲۵	۱/۶	۴۰-۴۴
۴/۹۵	۱/۳	۴۵-۵۴
۴/۵۵	۰/۹	۵۵-۶۴
۴/۲۵	۰/۶	۶۵-۷۴
۳/۹۵	۰/۳	۷۵-۹۰
۳/۶۵	۰	>۹۰

آیین نامه ۴۱۵  
جدول ۹-۶

طراحی پایانه رابطها در حالت جریان آزاد:

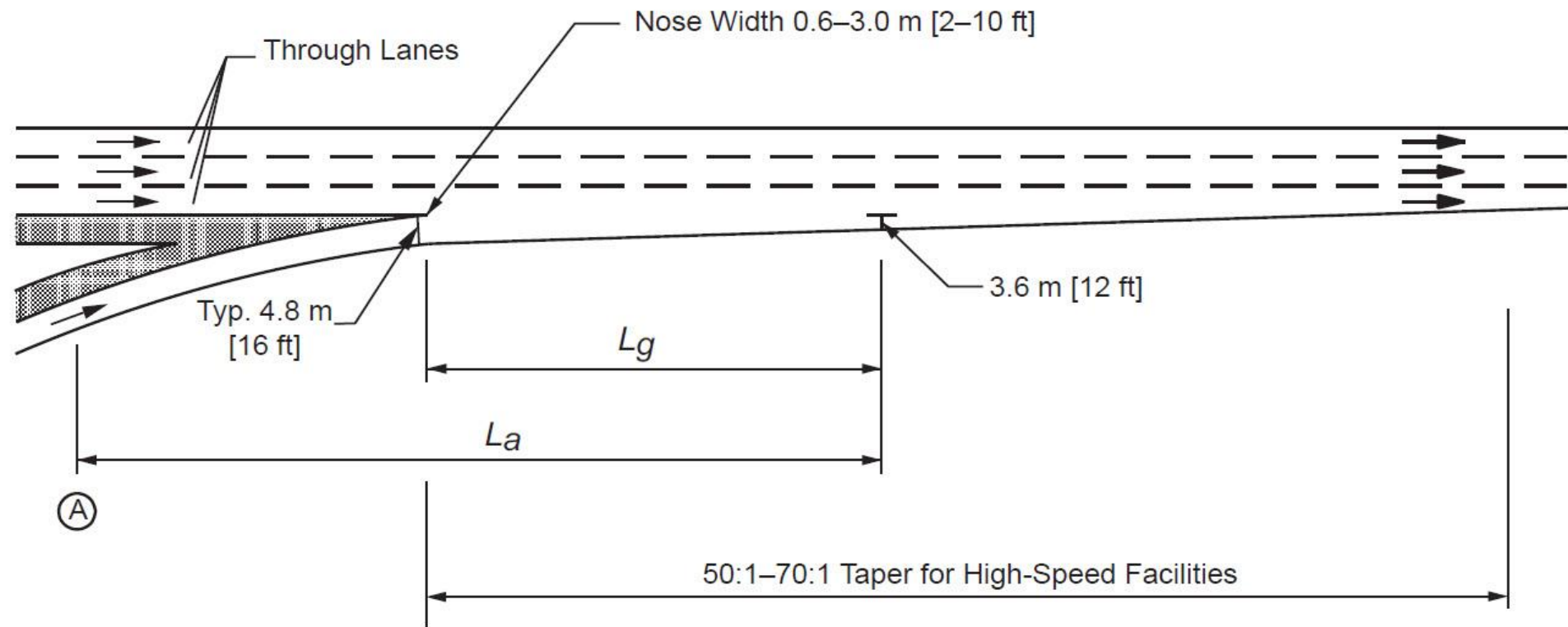
- ✓ رابط ورودی یک خطه
- ✓ رابط خروجی یک خطه
- ✓ رابط ورودی یا خروجی یک خطه در قوس
- ✓ رابط ورودی دوخطه
- ✓ رابط خروجی دوخطه
- ✓ رابط ورودی یا خروجی دوخطه در قوس
- ✓ رابط ورودی یا خروجی چندخطه شاخه ای (Y شکل)



La طول خط افزایش سرعت

Lg طول لازم برای جای گیری در ترافیک اصلی (ورود ایمن به جریان ترافیک عبوری)

## طراحی پایانه رابط ورودی یک خطه



Tapered Design

– A –

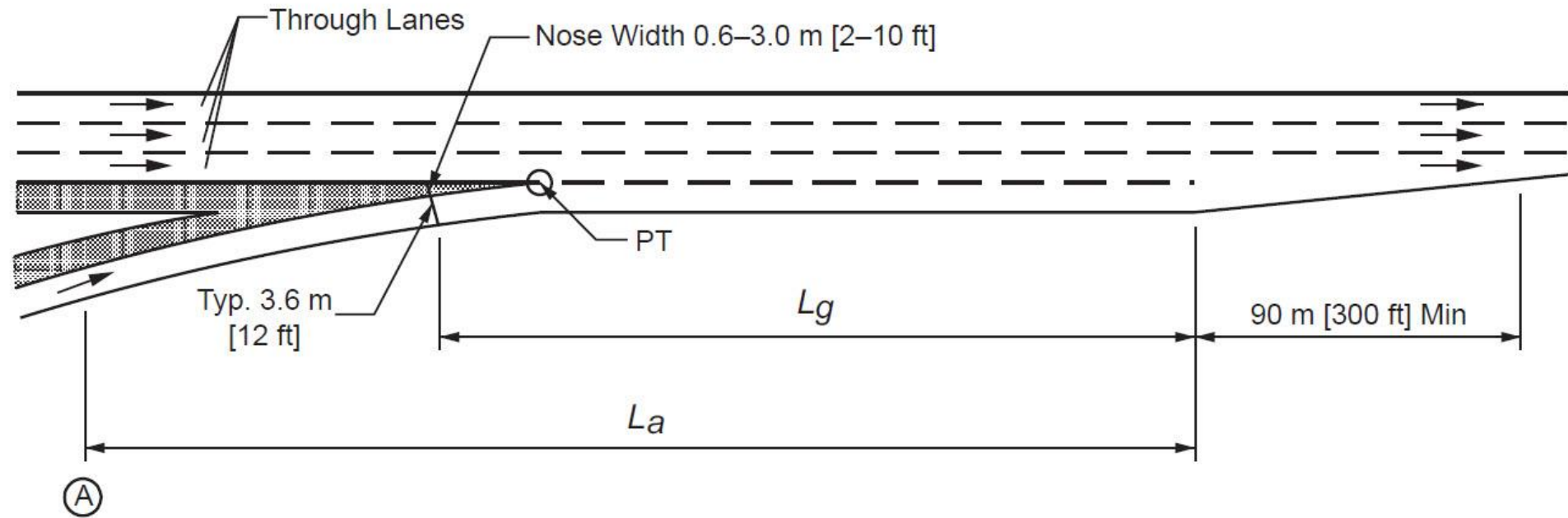




AASHTO  
Fig. 10.69

نقطه شروع  $L_a$  ؟

شعاع رابط کمتر یا بیشتر از ۳۰۰ متر؟

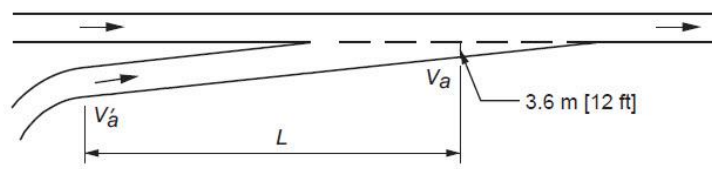


Parallel Design

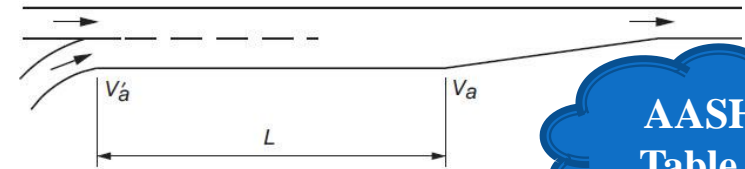
Lg: حداقل بین ۹۰ تا ۱۵۰ متر

Table 10-3. Minimum Acceleration Lengths for Entrance Terminals with Flat Grades of Two Percent or Less

Metric									
Acceleration Length, $L$ (m) for Entrance Curve Design Speed (km/h)									
Highway		Stop Condition	20	30	40	50	60	70	80
Design Speed, $V$ (km/h)	Speed Reached, $V_a$ (km/h)	and Initial Speed, $V'_a$ (km/h)							
		0	20	28	35	42	51	63	70
50	37	60	50	30	—	—	—	—	—
60	45	95	80	65	45	—	—	—	—
70	53	150	130	110	90	65	—	—	—
80	60	200	180	165	145	115	65	—	—
90	67	260	245	225	205	175	125	35	—
100	74	345	325	305	285	255	205	110	40
110	81	430	410	390	370	340	290	200	125
120	88	545	530	515	490	460	410	325	245



Taper Type



Parallel Type



طراحی پایانه رابط خروجی یک خطه

طرح لچکی رابط خروجی یک خطه (Taper-Type Exit)  
طرح موازی رابط خروجی یک خطه (Parallel-Type Exit)



زاویه مناسب واگرایی در رابط خروجی یک خطه یا دوخطه: ۲ تا ۵ درجه





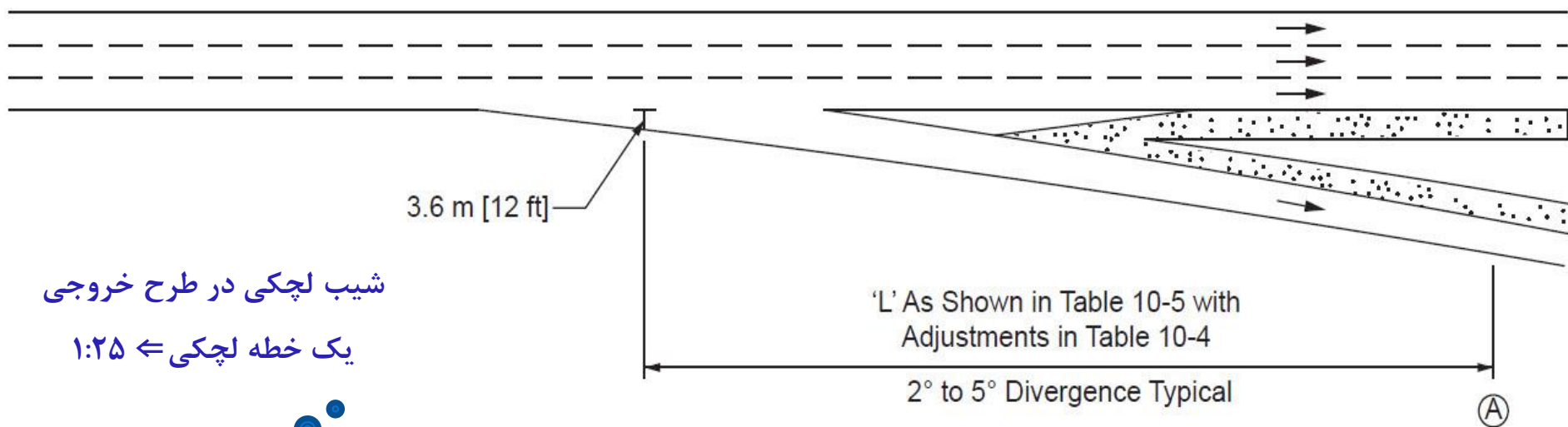
## خروجی لچکی:

شروع خط کاهش سرعت؟

انتهای خط کاهش سرعت؟

منحنی اتصال تدریجی؟

## طراحی پایانه رابط خروجی یک خطه



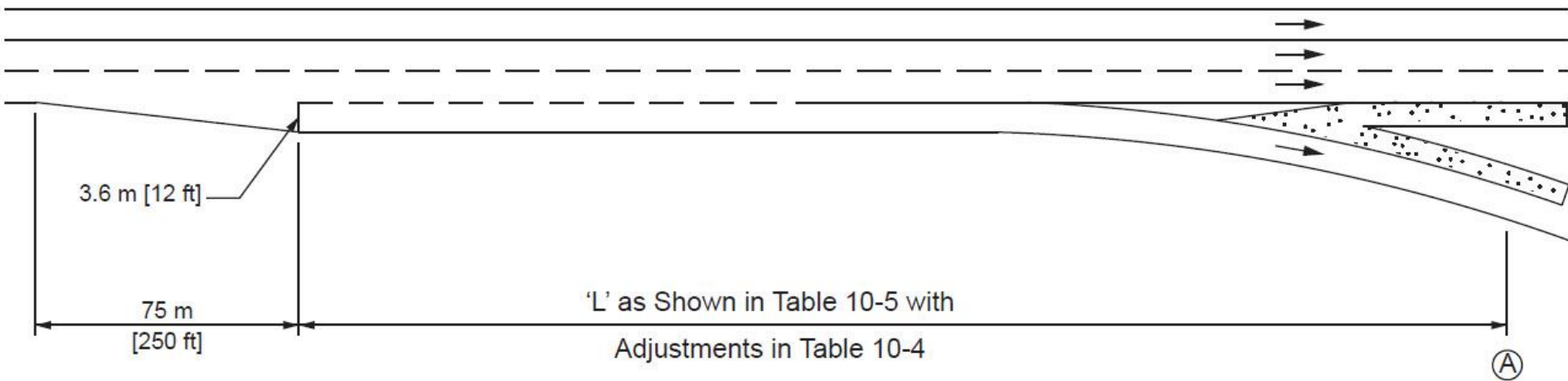
شیب لچکی در طرح خروجی

یک خطه لچکی  $\leftarrow 1:25$

Tapered Design – Tangent



لچکی به طول ۷۵ متر (آیین نامه ۴۱۵: ۹۰ متر)



شیب لچکی در طرح خروجی

یک خطه موازی  $\leftarrow 1:25$

Parallel Design

– C –



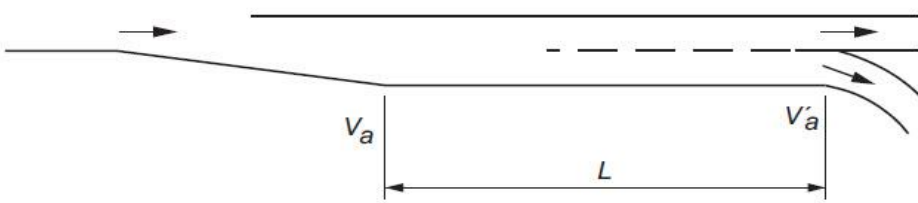
Ⓐ Point controlling speed at ramp

Table 10-5. Minimum Deceleration Lengths for Exit Terminals with Flat Grades of Two Percent or Less

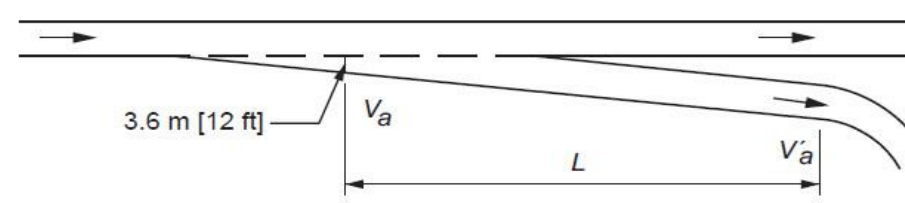
Metric									
Deceleration Length, $L$ (m) for Design Speed of Exit Curve, $V'$ (km/h)									
Highway Design Speed, $V$ (km/h)	Speed Reached, $V_a$ (km/h)	Stop Condition	20	30	40	50	60	70	80
			For Average Running Speed on Exit Curve $V'_a$ (km/h)						
50	47	75	70	60	45	—	—	—	—
60	55	95	90	80	65	55	—	—	—
70	63	110	105	95	85	70	55	—	—
80	70	130	125	115	100	90	80	55	—
90	77	145	140	135	120	110	100	75	60
100	85	170	165	155	145	135	120	100	85
110	91	180	180	170	160	150	140	120	105
120	98	200	195	185	175	170	155	140	120



- $V$  = design speed of highway (km/h)
- $V_a$  = average running speed on highway (km/h)
- $V'$  = design speed of exit curve (km/h)
- $V'_a$  = average running speed on exit curve (km/h)



Parallel Type



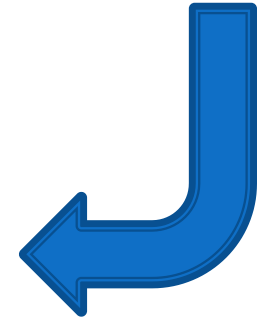
Taper Type



طراحی پایانه رابط ورودی دوخطه در حالت جریان آزاد

Multi-Lane Free-Flow Terminals, Entrances

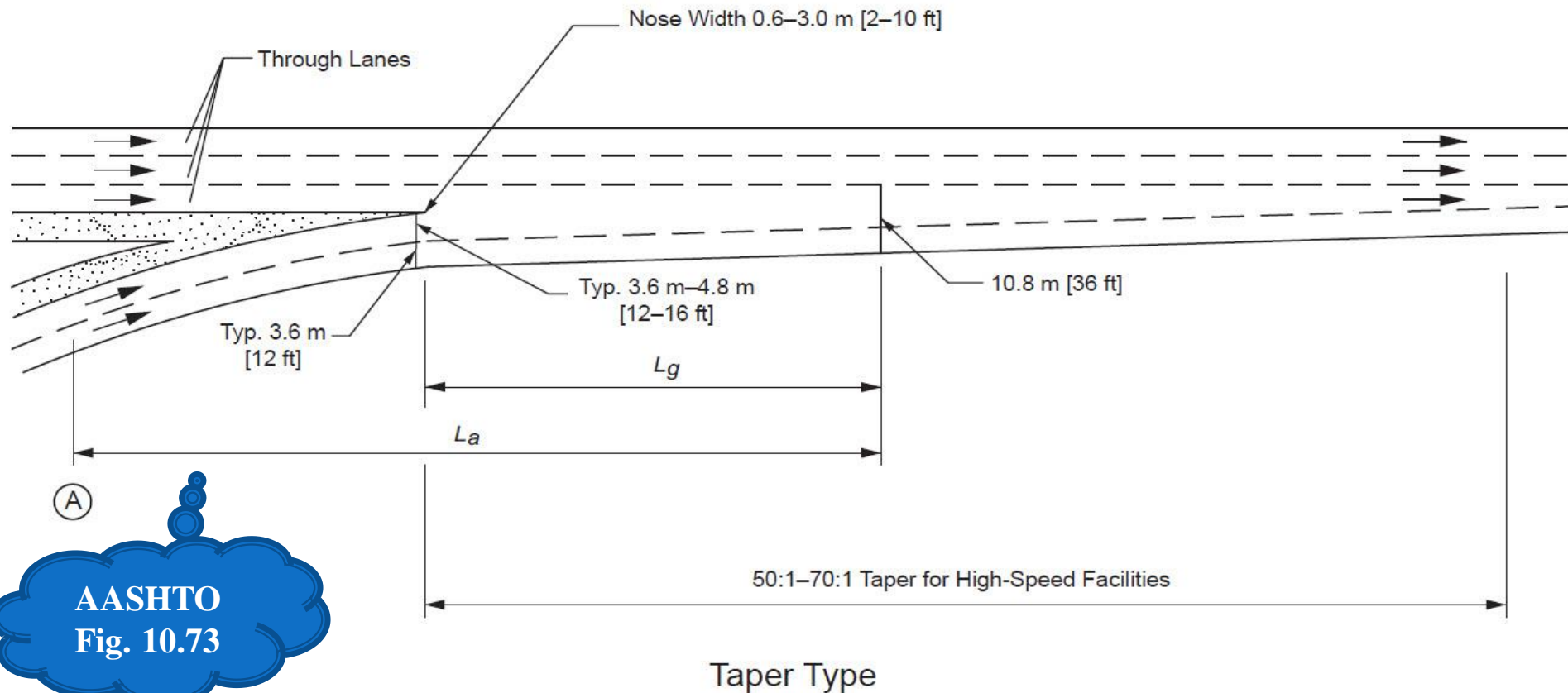
- طرح لچکی رابط ورودی دوخطه (Taper-Type Entrance)
- طرح موازی رابط ورودی دوخطه (Parallel-Type Entrance)



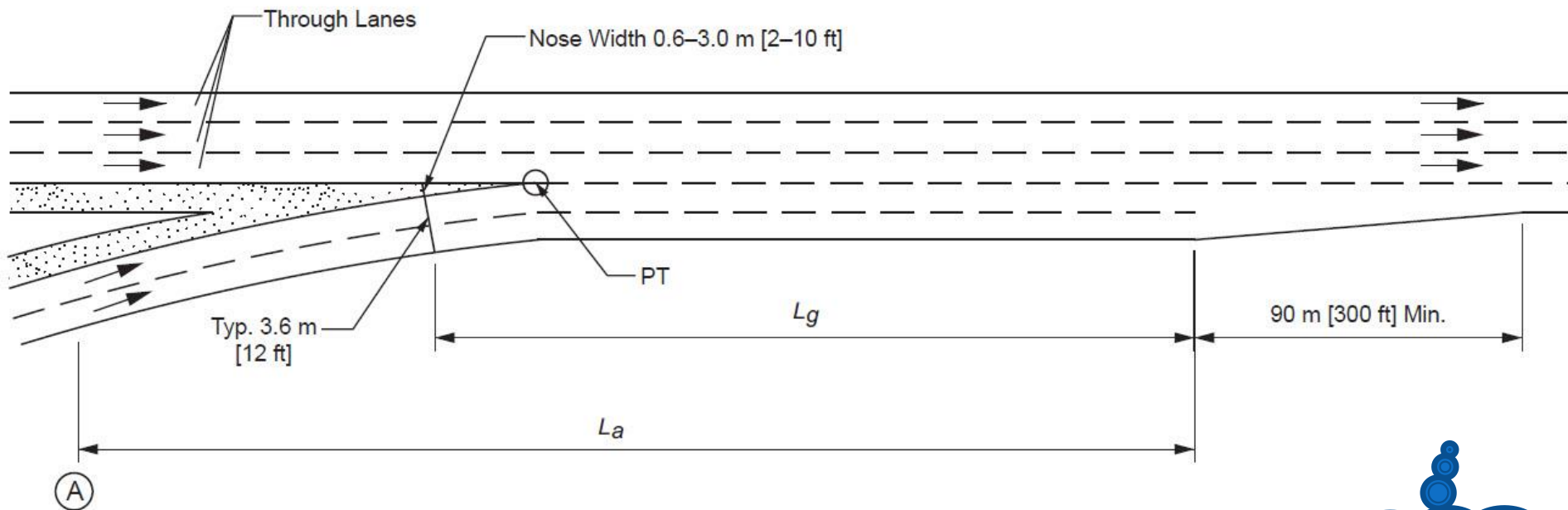
**La** (دقیقاً مشابه با حالت یک خطه)

**Lg** بین ۳۰۰ تا ۶۵۰ متر

عملیات حذف دو خط: ۷۵۰ متر



AASHTO  
Fig. 10.73



Parallel Type

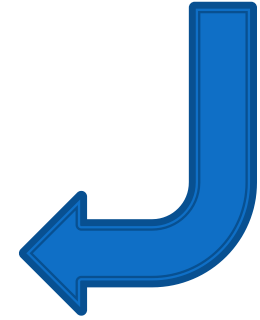


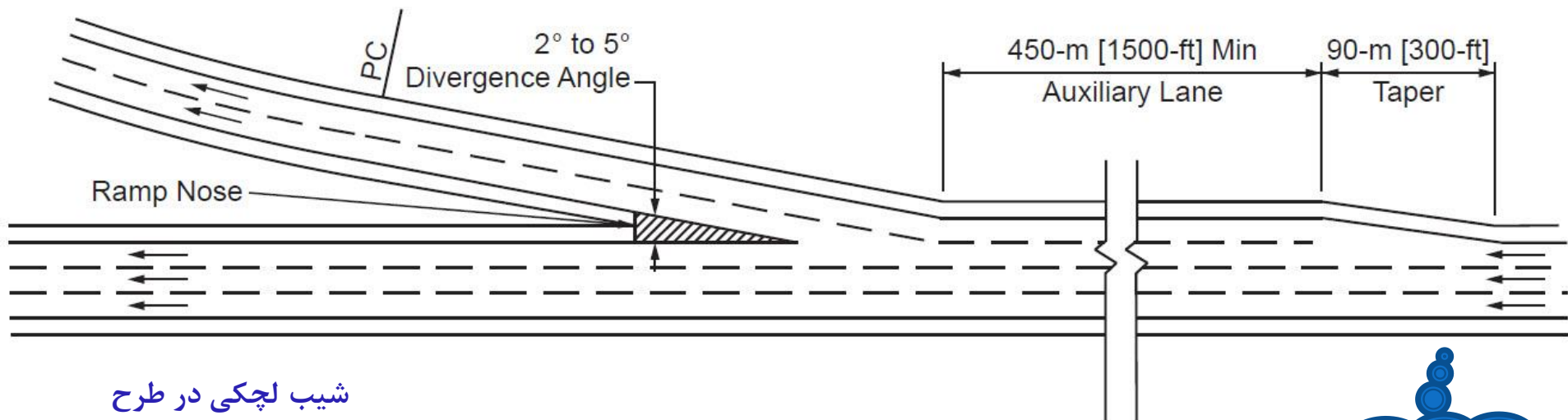
طراحی پایانه رابط خروجی دوخطه در حالت جریان آزاد (آزادراهی)

Multi-Lane Free-Flow Terminals, Exit

طرح لچکی رابط خروجی دوخطه (Taper-Type Exit)

طرح موازی رابط خروجی دوخطه (Parallel-Type Exit)





شیب لچکی در طرح

خروجی دوخطه ← ۱:۲۵

Taper Type

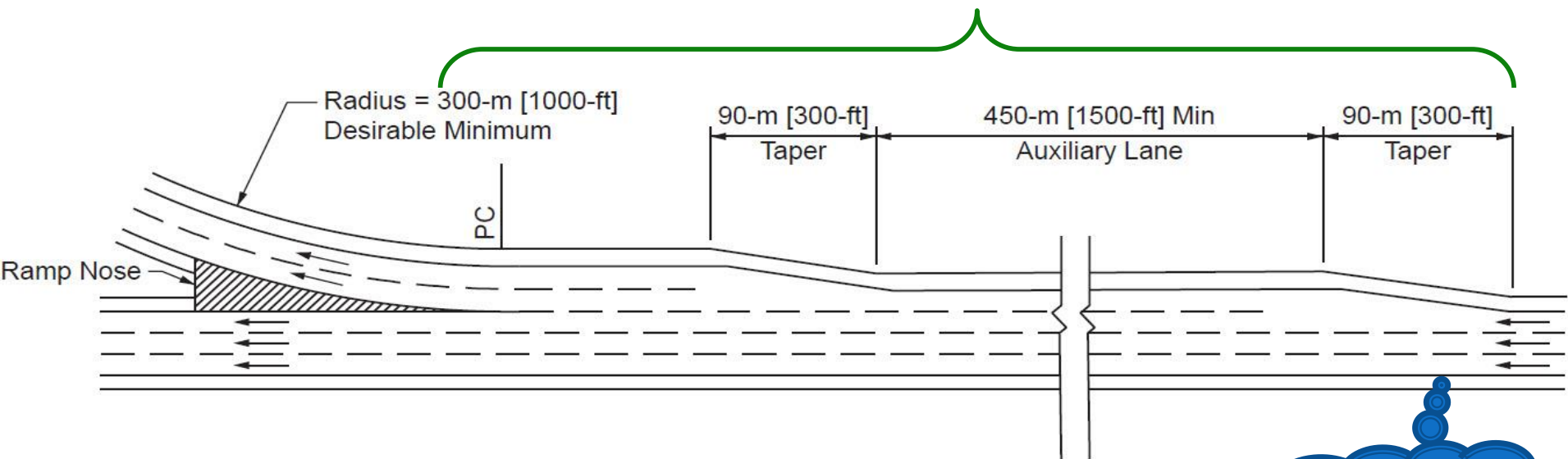
- A -



کل طول مجموعه خطوط کمکی (از ابتدای لچکی اول تا دماغه رمپ) برای تکمیل فرآیند تغییر خط:

۷۵۰ متر (حجم گردش ۱۵۰۰ veh/hr و کمتر)

۱۰۰۰ متر (حجم گردش ۳۰۰۰ veh/hr)



Parallel Type

طراحی پایانه رابطهای چندخطه شاخه ای (Y شکل – Major Forks)

✓ تقسیم یک راه اصلی به دو راه اصلی با اهمیت یکسان

✓ رمپ های جهتی در تبادله

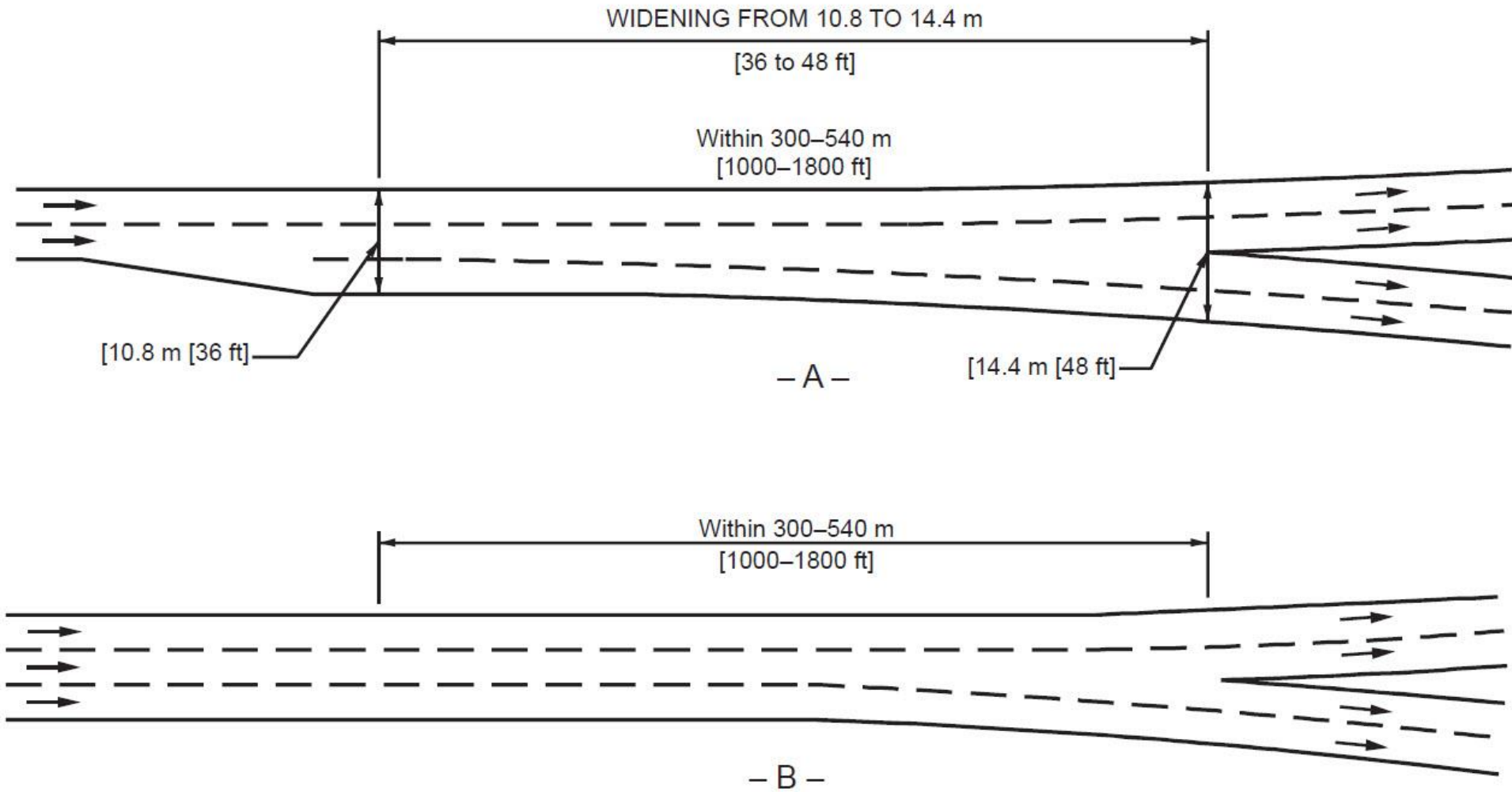
✓ ...





AASHTO  
Fig. 10.75

رعایت اصول توازن خطوط  
تعریض در فاصله ۳۰۰ تا ۵۴۰ متر



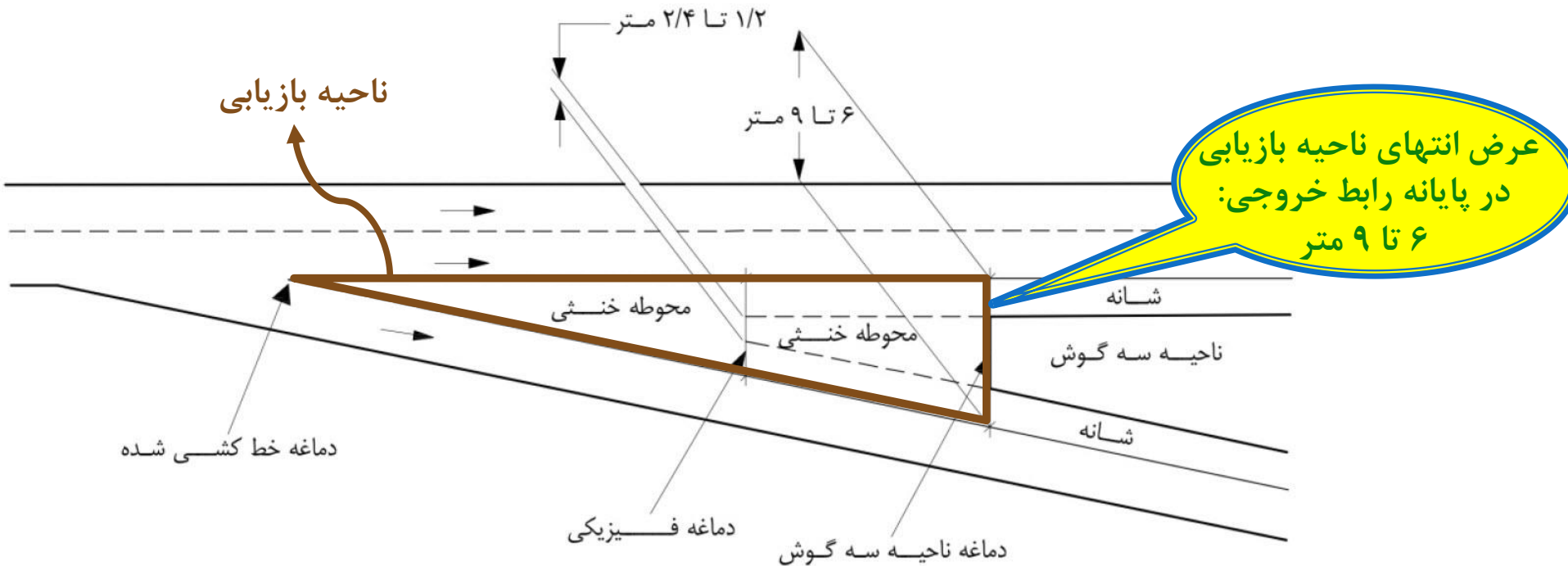
ناحیه سه گوش Gore Area:

✓ دماغه رنگی (Painted Nose)

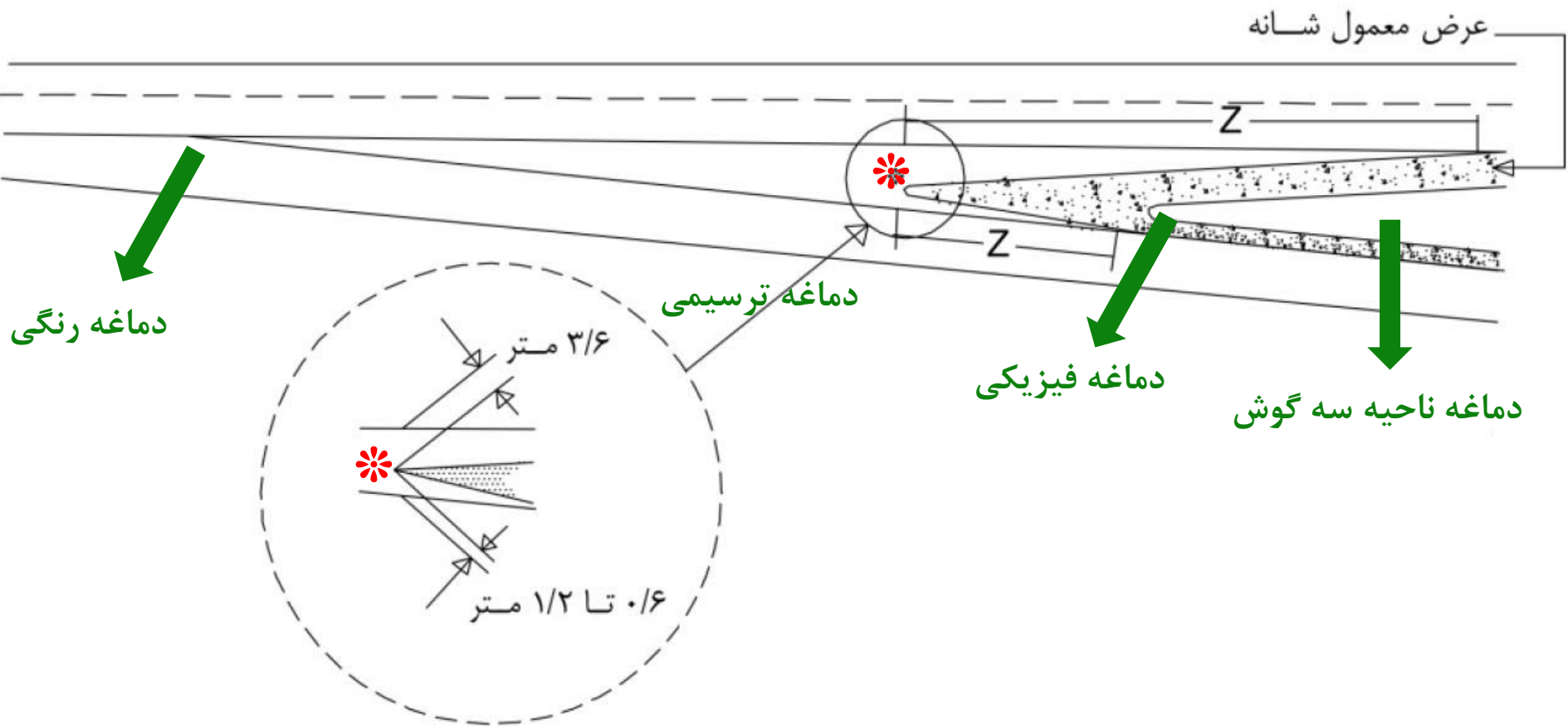
✓ دماغه فیزیکی (Physical Nose)

✓ دماغه ناحیه سه گوش (Gore Nose)

✓ محوطه خنثی



شکل ۹-۲۱ - قسمت‌های مختلف ناحیه سه گوش



آیین نامه ۴۱۵  
شکل ۹-۲۲

AASHTO  
Fig. 10.62



طرح هندسی

Table 10-2. Minimum Length of Taper Beyond an Offset Nose

Metric	
Design Speed of Approach Highway (km/h)	Length of Nose Taper (Z) per Unit Width of Nose Offset
50	15.0
60	20.0
70	22.5
80	25.0
90	27.5
100	30.0
110	35.0
120	40.0

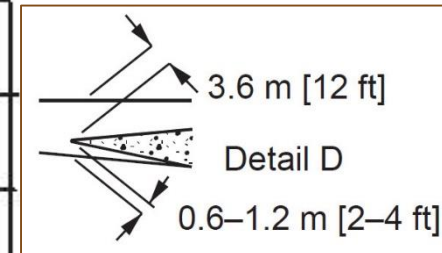




Figure 10-64. Gore Area, Single-Lane Exit





Figure 10-66. Gore Area, Two-Lane Exit

✓ در ناحیه سه گوش پایانه رابط ورودی، می توان از عقب نشینی و تأمین فاصله Z صرفنظر نمود (همچون شکل زیر)



Figure 10-67. Entrance Terminal