جامعة تشرين
كلية الهندسة المدنية
قسم هندسة المواصلات والنقل

الرمبات ونقاط اتصال الرمبات

RAMPS AND RAMP JUNCTIONS

إشراف :الدكتور أكرم رستم
إعداد
رشا شكوحي

- ١-مقدمة :
- الرمب : هو جزء (مسافة) من الطريق الذي يؤمن اتصال خاص بين طريقين عامين بسهولة .
- الاتصال السهل بالرمب يمكن أن يتألف من أتوسترادين ، طرق عامة متعددة الحارات ، طرق عامة بحارتين ، شوارع الضواحي والشوارع العامة .
- يمكن أن يتألف الرمب من ثلاثة عناصر هندسية أو أكثر.
- رمب – اتصال الأتوسترادات
- رمب – اتصال الطرق (المعابر)
- رمب – اتصال الشوارع

المنهجية :

- يركز هذا الفصل من الكتاب على عملية اتصال الأتوسترادات بالرمب وعلى خصوصية رمبات الطرق (المعابر) والطريقة المتبعة يمكن أن تطبق بأسلوب تقريبي ، عدم التحكم بالرمب في الطرق العامة بحارتي مرور و متعددة الحارات .
- الطريقة في هذا الفصل من الكتاب تسمح بتمثيل الازدحام المحتمل في مكان الرمب للطرق العامة (مستوى الخدمة F) كما تسمح بتحليل نقاط اتصال الطرق العامة بالرمب وحتى الوصول إلى الرمب الداخل إلى الطرق في مستوى الخدمة A وحتى مستوى الخدمة E . تؤمن التسهيلات على الطرق العامة طريقة لتحليل الجريان الذي يتجاوز حد الإشباع بالإضافة إلى التطبيقات الخاصة متضمنة الرمبات على قطاعات الطرق الحرة بخمس حارات مرور (باتجاه واحد) والرمبات بحارتي مرور ومناطق الاندماج والتفرع الرئيسية .

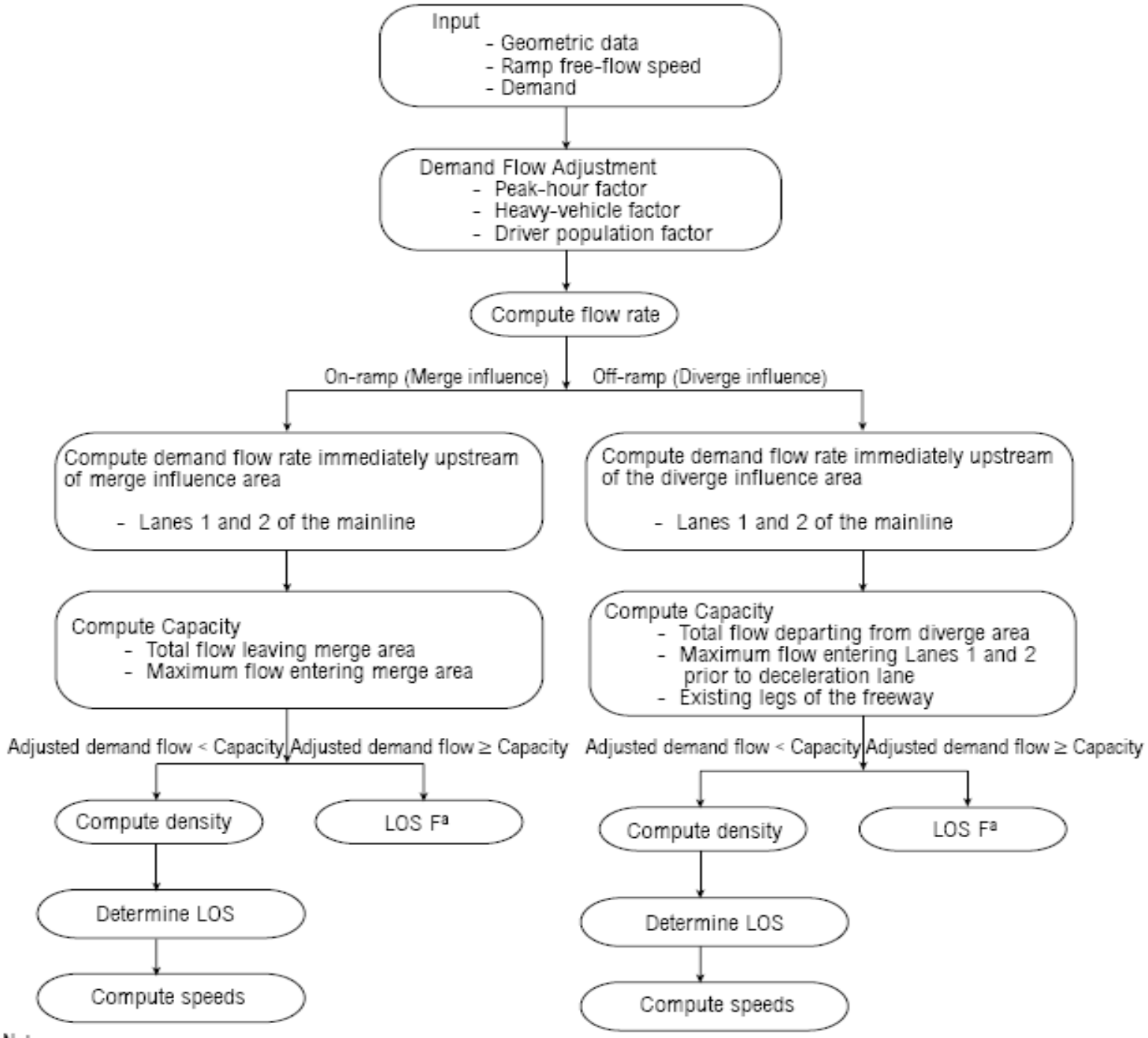
مقيدات (قيود) المنهجية :

- المنهجية في هذا البحث ليست قابلة للتطبيق(بدون تعديل من قبل المحلل) و لاتأخذ بعين الاعتبار الحالات التالية :
  - الحارات الخاصة مثل الحارات ذات الكثافة العالية بالعربات (HOV) وحارات مدخل الرمب .
  - شروط الجريان الذي يتجاوز حد الإشباع .
  - حدود السرعة
  - وجود نظام النقل الذكي (ITS) .

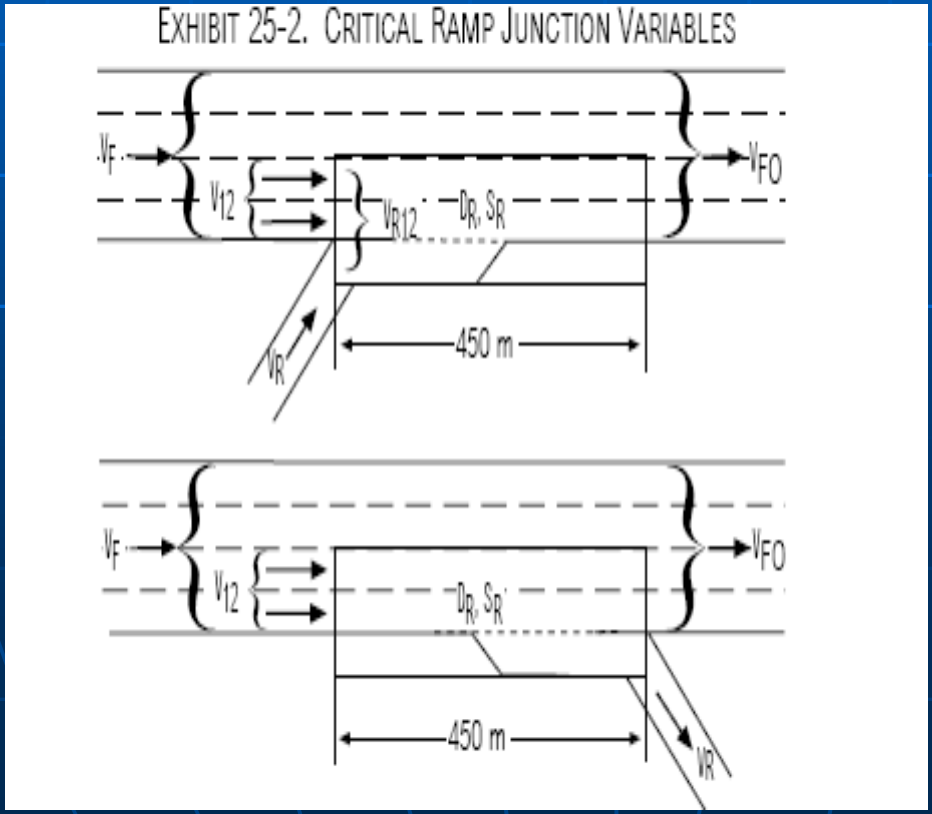
المنهجية:

- يظهر المخطط النهجي (1-25) مدخلات تنظيم الحساب الأساسي بالنسبة للرمبات ونقاط اتصال الرمب ، حيث المدخلات هي السعة ومستوى الخدمة .

EXHIBIT 25-1. RAMPS AND RAMP JUNCTIONS METHODOLOGY



ويظهر الشكل (2-25) الطريقة الأساسية لنمذجة مناطق الاندماج والتباعد المثالي التي تركز على منطقة التأثير وهي 450m متضمنة حارة التباطؤ أو التسارع والحارات 1 ومن2 من الطرق الحرة بالرغم من أن حارات الطريق الحر الأخرى يمكن أن تؤثر في تسيير(إدارة) الاندماج والتباعد وتأثير الازدحام المقترب من الرمب يمكن أن يتجاوز منطقة التأثير (450m) وهذا يحدد منطقة الاختبار أكثر من التأثيرات العملية من خلال كل مستويات الخدمة ، وبالتالي فإن تسيير العربات ضمن منطقة تأثير الرمب كما يحدده الشكل(2-25) هو مرتكز على طريقة حسابية .



المنهجية لها ثلاث خطوات رئيسية :

1-تحديد حارات إدخال الجريان 1 و2 مباشرة ضد التيار من منطقة تأثير الاندماج (V12) أوفي بداية حارة التباطؤ من التباعد .

2-تحديد قيم السعة ومقارنتها مع الجريان الراهن أو المتنبأ به لتحديد احتمالية الازدحام . عدة قيم للسعة تكون مخمنة (مقدرة) وهي :

- الجريان الإجمالي الأعظمي المقترب من منطقة التباعد الرئيسية على الطرق الحرة (VF) .
- الجريان الإجمالي الأعظمي المنحرف من منطقة التباعد أو الاندماج على الطرق الحرة (VFO) .
- الجريان الإجمالي الأعظمي الداخل إلى منطقة تأثير الرمب (VR12) بالنسبة لمنطقة الاندماج و(V12) بالنسبة لمنطقة التباعد .
- الجريان الإجمالي الأعظمي على الرمب (VR) .

- تضبط عادة سعة منطقة التباعد أو الاندماج بسعة الطرق الداخلة والخارجة منها ،ذلك يعني قطاعات الطريق الحر مع وضد التيار على الرمبات ، أو تضبط بسعة الرمب نفسه . الخلل في منطقة التباعد (التشعب) هو بسبب السعة الناقصة للرمب الخارج .هذا البحث يظهر بأن الخلل العائد إلى مناورة التفرع والاندماج لا يؤثر في سعة الطرق على الرغم من وجود تغيرات محلية في استخدام وتوزيع الحارة .
- ٣- تحديد كثافة الجريان ضمن منطقة تأثير الرمب (DR)ومستوى الخدمة المعتمد على هذا المتغير .

بالنسبة لبعض المواقع فإن معدل سرعة العربات ضمن منطقة التأثير(SR) يمكن أن تكون مقدرة .

يظهر الشكل (2-25) مناطق تأثير الرمب والمتغيرات الرئيسية وعلاقتها الواحدة مع الأخرى .

- إدارة المؤثر البارامتري الهندسي الحرج في مناطق التباعد والاندماج هو مسافة من حارة التسارع (LA) أو حارة التباطؤ(LD) . هذه المسافة مقاسة من نقطة في الحافة اليسارية من حارة أو حارات الرمب إلى الحافة اليمينية من حارات الطريق الحر تقارب إلى نهاية القسم المتناقص تدريجيا" الذي يصل الرمب إلى الطريق الحر .
- يمكن أن تحدد نقطة التقارب (الالتقاء)بدهان مخصص أو حواجز طبيعية أو كليهما نلاحظ أن منطقة التناقص التدريجي و الرمبات المتماثلة مقاسة ومدروسة بالطريقة نفسها .
- كل لائحة المخطط وأدلة مستوى الخدمة موضحة من حيث معدلات الجريان الأعظمية المكافئة (PC/h) في شروط الذروة 15 دقيقة من ساعة التأثير .

ولذلك قبل تطبيق أي من هذه الإجراءات تحول كل تدفقات الرمب والطرق الحرة إلى (PC/h) تحت شروط الأساسية أثناء 15 دقيقة من الساعة باستخدام العلاقة التالية :

$$v_i = \frac{V_i}{PHF * f_{HV} * f_p} \qquad (25\text{-}1)$$

- حيث :
- vi : معدل الجريان للحركة i تحت الشروط الأساسية أثناء الذروة 15 دقيقة من الساعة (PC/h).
- Vi : الحجم الساعي للحركة i (veh/h) .
- PHF : معامل الذروة الساعية .
- fHV : معامل التحويل للعربات ثقيلة .
- Fp : معامل التحويل بالنسبة للاستخدام المتكرر للطريق .
- معاملات التحويل هي نفسها المستخدمة من أجل تحليل قطاعات الطريق الحر الأساسية .

الرمب على الطرق :



- تحدث معظم مشاكل التشغيل في موقف الرمب (إما موقف رمب على الطريق الحر أو على الشوارع) بسبب وجود معلومات قليلة فيما يتصل بخصائص الإدارة على رمب االطرق .
- تختلف رمبات على المعابر عن الطرق الحرة فيما يلي:
- هي معابر ولكن بطول وعرض محدد (غالبا" ما تكون حارة واحدة)
- كثيرا" ما تكون سرعة الجريان الحر أخفض من تلك المرتبطة بالمعابر .
- بصورة خاصة الطريق الحر :
  - على الرمبات المؤلفة من حارة واحدة حيث العبور غير ممكن يكون الأثر السلبي للشاحنات وللعربات ذات الحركة البطيئة أكثر وضوحا" من على المعابر المتعددة الحارات .
  - يمكن أن ينشأ الرتل على نقاط اتصال الرمب بالشارع وخاصة إذا أبرزت نقاط الاتصال .

يظهر الجدول (3-25) قياس تقريبي للسعة على رمبات الطرق .

EXHIBIT 25-3. APPROXIMATE CAPACITY OF RAMP ROADWAYS

Free-Flow Speed of Ramp, S_{FR} (km/h)	Capacity (pc/h)	
	Single-Lane Ramps	Two-Lane Ramps
> 80	2200	4400
> 65–80	2100	4100
> 50–65	2000	3800
≥ 30–50	1900	3500
< 30	1800	3200

LOS

- يحدد مستوى الخدمة في مناطق تأثير التباعد والاندماج بكثافة كل حالات التشغيل المتوازن ويوضح من خلال مستوى الخدمة A وحتى E .
- يعرف مستوى الخدمة F عندما يكون الجريان الإجمالي الخارج من منطقة الاندماج (V) يتجاوز سعة قطاع الطريق الحر مع التيار ولا يمكن التنبؤ بالكثافة في مثل هذه الحالات

يظهر الجدول (4-25) تحديد لمستوى الخدمة A وحتى E ضمن منطقة تأثير الاندماج مع عدم تعطل للعمل وضمن شروط العمل المستقر .

EXHIBIT 25-4. LOS CRITERIA FOR MERGE AND DIVERGE AREAS

LOS	Density (pc/km/ln)
A	≤ 6
B	> 6–12
C	> 12–17
D	> 17–22
E	> 22
F	Demand exceeds capacity

التنبؤ بالجريان الداخل للحارات 1 و2

- التأثيرات الأساسية على بقاء الجريان في الحارات 1 و 2 مباشرة ضد التيار في منطقة تأثير الاندماج هي :

١- الجريان الإجمالي المقترب من الطرق الحرة إلى منطقة الاندماج VF (PC/h) .

٢- الجريان الإجمالي في الرمب VR (PC/h) .

٣- المسافة الإجمالية من حارة التسارع LA (m) .

٤- سرعة الجريان الحر في الرمب في نقطة من منطقة الاندماج SFR (Km/h) .

- تحلل عادة الرمبات على الطرق الحرة بأربع أو ثماني أو عشر حارات مرور بمعزل عن مناطق التفرع أو الاندماج .
- الطريقة المتبعة لتنبؤ (V12) تجعل المعلومات غير كافية في الحالة التي تكون فيها الطريق بأربع حارات لتحديد التأثيرات من الرمبات المجاورة على طرق حرة بثماني أو عشر حارات مرور بينما تكون المعلومات كافية من أجل طرق حرة بست حارات لتأخذ بعين الاعتبار تأثير الرمبات المجاورة عل توزيع الحارات على الرمب المدروس .

EXHIBIT 25-5. MODELS FOR PREDICTING v_{12} AT ON-RAMPS

$v_{12} = v_F * P_{FM}$		
For 4-lane freeways (2 lanes each direction)	$P_{FM} = 1.000$	
For 6-lane freeways (3 lanes each direction)	$P_{FM} = 0.5775 + 0.000092L_A$	(Equation 1)
	$P_{FM} = 0.7289 - 0.0000135\ (v_F + v_R) - 0.002048S_{FR} + 0.0002L_{up}$	(Equation 2)
	$P_{FM} = 0.5487 + 0.0801\ v_D/L_{down}$	(Equation 3)
For 8-lane freeways (4 lanes each direction)	$P_{FM} = 0.2178 - 0.000125v_R + 0.05887L_A/S_{FR}$	(Equation 4)

- المتغيرات المستخدمة في الجدول (5-25) معرفة كما يلي :
- V12 : معدل الجريان في الحارات 1 و 2من الطريق الحر مباشرة ضد التيار من منطقة الاندماج (PC/h) .
- VF : معدل الجريان المطلوب للطريق الحر مباشرة ضد التيار من الاندماج (PC/h) .
- VR : معدل الجريان المطلوب على الرمب (PC/h) .
- VD : معدل الجريان المطلوب على الرمب المجاور مع التيار (PC/h) .
- PFM : نسبة الجريان على الطريق الحر المقترب والمستمر في الحارات 1 و 2 مباشرة ضد التيار من الاندماج .
- LA :مسافة من حارة التسارع (m) .
- SFR : سرعة الجريان الحر على الرمب (Km/h) .
- LUP : مسافة الرمب المجاور ضد التيار (m) .
- Ldown: مسافة الرمب المجاورمع التيار (m) .

- يعتبرا لنموذج العام بأن V12 هي نسبة من جريان الطريق الحر المقترب VF ، بالنسبة لطريق حر بأربع حارات فإن هذه العلاقة عادية بما أن كل الجريان الحر المقترب هو في الحارات 1 و 2 . أما بالنسبة لطريق حر بثماني حارات فتستخدم علاقة واحدة لتحديد هذه النسبة بدون اعتبار للشروط على الرمبات المجاورة ضد أو مع التيار أو كلاهما .وبالنسبة للطرق الحرة بست حارات فالتحليل يكون معقد حيث يمكن التنبؤ بتأثير الرمبات المجاورة .

يظهر الجدول(6-25) أنواع الرمبات المؤثرة على الطريق الحر بست حارات مرور والعلاقة الملائمة التي يجب أن تطبق في كل حالة مأخوذة من الجدول (5-25) :

EXHIBIT 25-6. SELECTING EQUATIONS FOR P_{FM} FOR SIX-LANE FREEWAYS

Adjacent Upstream Ramp	Subject Ramp	Adjacent Downstream Ramp	Equation(s) Used
None	On	None	Equation 1
None	On	On	Equation 1
None	On	Off	Equation 3 or 1
On	On	None	Equation 1
Off	On	None	Equation 2 or 1
On	On	On	Equation 1
On	On	Off	Equation 3 or 1
Off	On	On	Equation 2 or 1
Off	On	Off	Equation 3, 2, or 1

- نلاحظ من الجدول بأن العلاقة (2) تطبق على الحالات التي يكون فيها الرمب خارجا" من الطريق الحر و ضد التيار، بينما العلاقة (3) فتطبق على الحالات التي يكون فيها الرمب خارجا" من الطريق الحر ولكن مع التيار . الرمبات المجاورة والداخلة إلى الطريق الحر قد لا تؤثر في سلوك الرمب المدروس ويكون التحليل باستخدام العلاقة (1) .
- حيث يوجد رمبات مجاورة خارجة مع وضد التيار فيكون الفصل في استخدام العلاقة (2) أو (3) مقابل العلاقة (1) هو بتحديد المسافة الفاصلة المتوازنة LEQ بين الرمبات .
- إذا كانت المسافة بين الرمبات أكبر أو تساوي LEQ نستخدم دائما" العلاقة(1) . أما إذا كانت المسافة بين الرمبات أقل منLEQ فنستخدم العلاقة (2) أو (3) أيهما ملائمة .
- LEQ هي المسافة التي تحدد أي العلاقة (1) و العلاقات (2) أو (3) يجب أن تستخدم بحيث ينتج القيم نفسها لنسبة الجريان PFM ، وبالتالي عندما يوجد رمب خارج وضد التيار فيجب أن تراعى العلاقة (2) .

أما إذا كانت العلاقة (2)مكافئة للعلاقة (1) تكون LEQ معطاة بالعلاقة التالية :

$$L_{EQ} = 0.0675\,(v_F + v_R) + 0.46L_A + 10.24S_{FR} - 757 \qquad (25\text{-}2)$$

- حيث :
- LEQ : مسافة التوازن عندما العلاقة (1) مساوية للعلاقة (2) من الجدول
- (25-5) .
- إذا كان : LEQ=<LUP تستخدم العلاقة (1) .
- LEQ > LUP تستخدم العلاقة (2).

على نحو مماثل : عندما يجب الاختيار بين العلاقة (1) و العلاقة (3) تكون LEQ معطاة بالعلاقة التالية :

$$L_{EQ} = \frac{v_D}{0.3596 + 0.001149\, L_A} \qquad (25\text{-}3)$$

- حيث:
- LEQ : مسافة التوازن عندما تكون العلاقة (1) مساوية للعلاقة (3) من الجدول (25-5) .
- إذا كانت : Ldown >=LEQ نستخدم العلاقة (1) .
- Ldown < LEQ نستخدم العلاقة (3) .

حالة خاصة

- عندما توجد كل الرمبات الخارجة والمجاورة مع وضد التيار ينشأ حلين لحساب PFM ، يتوقف اختيار الحل فيما إذا كان التحليل اعتبر الرمب المجاور مع أو ضد التيار لأنه لا يمكن أن يعالجا معا" حيث يتم الحل باعتبار الرمب المجاور مع التيار ثم ضد التيار ومن ثم نختار القيمة الأكبر لPFM .

تحديد السعة :

- تحدد سعة منطقة الاندماج بشكل أولي بواسطة سعة قطاع من الطريق الحر مع التيار .
- وبالتالي إجمالي الجريان الواصل إلى الطريق الحر ضد التيار و الرمب الداخل لا يمكن أن يتجاوز سعة الطريق الحر الأساسية كما لا يوجد أدلة بأن الخلل في منطقة الاندماج يسبب سعة الطريق الحر مع التيار أقل من السعة الأساسية لقطاع الطريق الحر .
- بالنسبة للرمب الداخل إلى الطريق الحر فإن الجريان الداخل إلى منطقة تأثير الرمب يتضمن V12 و VR وبالتالي الجريان الإجمالي الداخل إلى منطقة تأثير الرمب يعطى بالعلاقة التالية :

$$v_{R12} = v_{12} + v_R \qquad (25\text{-}4)$$

يظهر الجدول (7-25) قوائم بمعدلات تيار السعة بالنسبة لجريان الطريق الحر مع التيار الإجمالي V=VF+VR والقيم الأعظمية للجريان الإجمالي الداخل إلى منطقة تأثير الرمب VR12 . يوجد شرطين لإعطاء التحليل المطلوب وهما :

- ١- يمكن أن يتجاوز جريان الطريق الحر الإجمالي المغادر V سعة قطاع الطريق الحر مع التيار ، احتمال إخفاق مستوى الخدمة (F) حيث تتشكل الأرتال ضد التيار في قطاع الاندماج. عندما يتم تجاوز سعة الطريق الحر مع التيار سوف يوجد المستوى (F) سواء كان معدل الجريان الداخل إلى منطقة تأثير الرمب يتجاوز سعته أم لا.

- 2-عندما يتجاوز الجريان الإجمالي الداخل إلى منطقة تأثير الرمب (VR12) المستوى الأعظمي المطلوب لكن الجريان الإجمالي للطريق الحر لا يتجاوز سعة الطريق الحر مع التيار .في هذه الحالة يمكن أن تظهر الكثافات العالية ولكن دون حصول أي رتل على الطريق الحر . وعندما يتجاوز الجريان الإجمالي مع التيار السعة الأساسية للطريق الحر مع التيار يكون مستوى الخدمة هو F . وفي مثل هذه الحالات لا نحتاج إلى إحصائيات إضافية . أما في الحالات الأخرى مثل الحالات المتضمنة VR12 نحدد مستوى الخدمة بتقدير الكثافة في منطقة تأثير الرمب.

EXHIBIT 25-7. CAPACITY VALUES FOR MERGE AREAS

Freeway Free-Flow Speed (km/h)	Maximum Downstream Freeway Flow, v (pc/h) Number of Lanes in One Direction				Max Desirable Flow Entering Influence Area, v_{R12} (pc/h)
	2	3	4	> 4	
120	4800	7200	9600	2400/ln	4600
110	4700	7050	9400	2350/ln	4600
100	4600	6900	9200	2300/ln	4600
90	4500	6750	9000	2250/ln	4600

تحديد مستوى الخدمة LOS :

- يعتمد تحديد مستوى الخدمة لمناطق الاندماج على الكثافة في هذه المناطق ، كما يظهر الشكل (4-25) .و المعادلة التالية تستخدم لتقييم الكثافة في منطقة تأثير الاندماج ، نلاحظ بأن العلاقة تحسب الكثافة في شروط الجريان الذي لم يصل إلى حد الإشباع :

$$D_R = 3.402 + 0.00456v_R + 0.0048v_{12} - 0.01278L_A \qquad (25\text{-}5)$$

حيث :

DR : كثافة منطقة تأثير الاندماج (PCU/Km/h) .

VR : معدل الجريان في الذروة ومدتها (١٥ min) على الرمب (PC/h) .

V12 : معدل الجريان الداخل إلى منطقة تأثير الرمب (PC/h) .

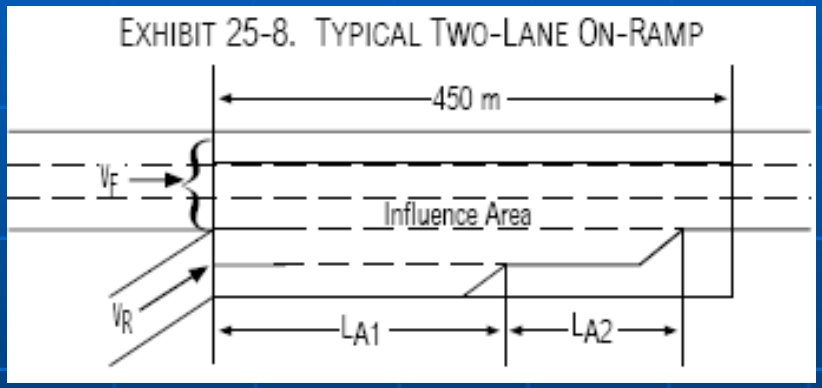
LA : مسافة من حارة التسارع (m) .

الرمب الداخل بحارتي مرور :

- يظهر الشكل (8-25)نموذج حارتي مرور على الرمب الداخل إلى الطريق الحر يتميز بحارتي تسارع منفصلتين والجريان المستمر في الحارات 1 و 2مباشرة ضد التيار على الرمب الخارج هو بشكل عام أعلى من تلك الموجودة على رمب داخل بحارة مرور واحدة في مواقع مشابهة . والكثافات في منطقة الاندماج أقل من تلك الموجودة على رمب داخل بحارة مرور في مواقع مشابهة ، ويعود سبب الكثافة المنخفضة إلى وجود حارتي تسارع .

لحساب V12 من أجل حارتي مرور على الرمبات نستخدم العلاقة التالية :

$$v_{12} = v_F * P_{FM}$$



القيم التالية ل PFM تستخدم في هذه العلاقة بدلا" من تلك الواردة في الجدول (25-5):

- طرق حرة بأربع حارات PFM=1 .

طرق حرة بست حارات مرور PFM=0.555.

- طرق حرة بثمان حارات مرور PFM=0.209 .

لحساب الكثافة في منطقة تأثير الرمب نستخدم العلاقة (25-5)ولكن تؤخذ قيمة LA (مسافة من حارة التسارع) بالمسافة المؤثرة من حارة التسارع LAeff التي تعطى بالعلاقة التالية :

$$L_{Aeff} = 2L_{A1} + L_{A2} \qquad (25\text{-}6)$$

- علما" أن LA1وLA2 محددة بالشكل(25-8).
- قيم معدلات الجريان الأعظمية المسيطرة بالنسبة لv وvR12 ليست متأثرة باستخدام حارتي مرور على الرمب .

مناطق الاندماج الرئيسية

- منطقة الاندماج الرئيسية هي واحدة في أي معبرين أوليين ، تنضم حارات متعددة في الاندماج لتشكل قطاع طريق حر مفرد . يمكن أن تنشأ طرق الاندماج في تبادل طريق حر أو من شارع مديني أو طريق حر ريفي . تختلف الاندماجات الرئيسية عن رمبات بحارتي أو حارة مرور .

يظهر الشكل (25-9)عدد الحارات المتفرعة من منطقة الاندماج وهي أقل من العدد الإجمالي للحارات المقتربة .

أما الشكل (25-10) يظهر أن عدد الحارات المتفرعة من الاندماج هو نفسه كالعدد الإجمالي للحارات المقتربة منه .

EXHIBIT 25-9. MAJOR MERGE AREA WITH ONE FEWER LANE LEAVING INFLUENCE AREA

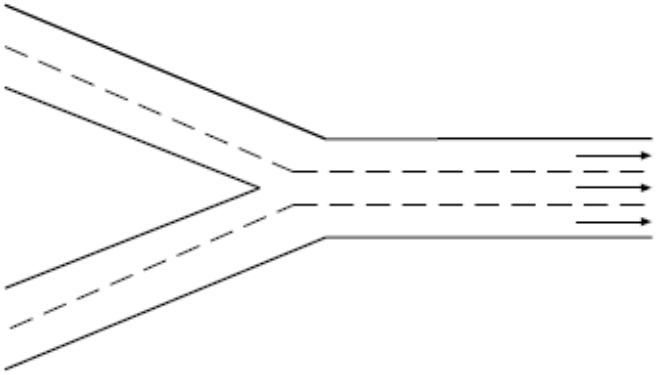
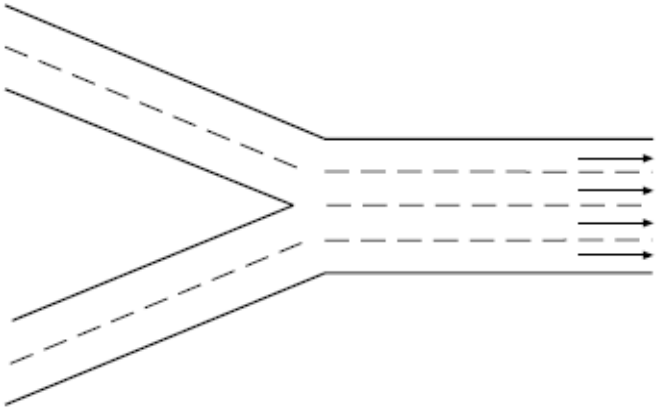


EXHIBIT 25-10. MAJOR MERGE AREA WITH EQUAL NUMBER OF LANES LEAVING INFLUENCE AREA



- لا يوجد نماذج مؤثرة في إنجاز منطقة الاندماج الرئيسية ولذلك يحدد التحليل لضبط السعات على الأذرع المقتربة و على الطريق الحر المتفرع . سعة كل من الذراع الداخل والطريق الحر المتفرع احتسبت بالجريان المطلوب في وقت الذروة على كل منهما (بالتحويل إلى PCU/h) ، حيث أن سعة الطريق الحر المتفرع تقارن بمجموع الجريان المطلوب الداخل في وقت الذروة (بالتحويل أيضا" إلى PCU/h) . تنتج المشاكل في مناطق الاندماج الرئيسية بشكل عام من تناقص السعة في قطاع الطريق الحر مع التيار .

الرمبات الداخلة إلى طريق حر بعشر حارات (خمس حارات في كل اتجاه):

- بالرغم من أن هذا النوع ليس شائعا" إلا أنه موجود في أمريكا الشمالية ولذلك احتاجت الطريقة للتحليل إلى حارة مفردة مثلا الجهة اليمنى من الرمب الداخل إلى قطاعات كبيرة من الطريق الحر .
- يحسب الجريان في الحارة 5 ويطرح من جريان الطريق الحر المقترب ، والجريان المتبقي من جريان الطريق الحر المقترب يتألف من الجريان المتوقع على طريق حر مشابه بأربع حارات ، وبالتالي تستخدم الإجراءات القياسية للتحليل .أما الجريان في الحارة 5 من الطريق الحر يحسب كما يظهره الجدول (11-25) .

EXHIBIT 25-11. FLOW IN LANE 5 OF FREEWAY APPROACHING SINGLE-LANE, RIGHT-SIDE ON-RAMP

Total Approaching Freeway Flow, v_F (pc/h)	Approaching Freeway Flow In Lane 5, v_5 (pc/h)
≥ 8500	2500
7500-8499	$0.285v_F$
6500-7499	$0.270v_F$
5500-6499	$0.240v_F$
< 5500	$0.220v_F$

- سابقا" كان يحدد الجريان المقترب والمحتمل في الحارة 5 بشكل طبيعي، بافتراض طريق حر بثماني حارات (أربع حارات في كل اتجاه) ثم يتم حساب الجريان المقترب المؤثر بالعلاقة التالية :

$$v_{F4eff} = v_F - v_5 \qquad (25\text{-}7)$$

حيث :

VF4eff : جريان الطريق الحر المقترب المؤثر بأربع حارات (اتجاه واحد) (PC/h) .

VF : جريان الطريق الحر الإجمالي المقترب بخمس حارات مرور (اتجاه واحد) (PC/h) .

V5 : الجريان المتوقع المقترب في الحارة ٥ وحسب بالجدول (25-11) (PC/h) .

رمبات داخلة من الجانب اليساري

- بالرغم من أنه غير مستحسن إلا أنه يوجد رمبات يسارية على بعض الطرق الحرة وتظهر كثيرا" على طرق التوزيع . تشمل منطقة تأثير الرمب اليساري المسافة نفسها التي تتضمنها منطقة تأثير الرمب اليميني ولكن في هذه الحالة تشمل الحارتين اليساريتين إضافة إلى حارة التسارع . في الرمبات اليمنى يكون حساب الجريان V12 معقد، أما في حالة الرمبات اليسارية تؤثر الحارتين اليساريتين بالنسبة للطريق الحر بأربع حارات ويبقى الجريان V12 أما الطريق الحر بست حارات فيكون الجريان الداخل هو الأهم وهو V23 ولطريق بثماني حارات V34 .
- وبالرغم من عدم وجود طريقة مباشرة لحساب الجريانات على رمبات يسارية ، إلا أنه يمكن حسابها بإدخال بعض التعديلات على حسابات الجريان على الرمبات اليمنى كما يلي :
- يتم ضرب القيمة V12 بالعوامل التالية 1 – 1.12 – 1.2 وذلك لحساب V34- V23 - V12 على التوالي ، وذلك من أجل رمبات يسارية على طرق حرة بثماني أو أربع حارات مرور .
- الحسابات المتبقية للكثافة أو السرعة أو كليهما فيمكن أن تستمر باستبدال V12بـ V23 أو V34أيهما الملائمة وكل قيم السعة تبقى ثابتة .

مناطق تأثير التفرع (التشعب):

- إجراءات التحليل في منطقة التشعب هي نفسها في منطقة الاندماج .
- الخطوات الأساسية الثلاثة المتبعة هي :

1-تحديد التدفق من الطريق الحر المقترب في الحارات 1 و2 من الطريق الحر V12 .

2-تحديد السعة للقطاع (VF , V12) والكثافة ضمن منطقة تأثير الرمب DR .

3-هذه الإجراءات تعدل وتطبق حسب هندسة وشكل التباعد .

التنبؤ بالجريان الداخل إلى الحارات ١ و٢ :

- يظهر الجدول (12-25) نماذج التنبؤ للجريان الطريق الحر الداخل منطقة التشعب في الحارات 1 و2 . يوجد اختلافين أساسين بين تحليل منطقة الاندماج وتحليل منطقة التشعب :

1-يمكن التنبؤ بالجريان المقترب في الحارات 1 و2 (V12) من أجل نقطة من حارة التباطؤ ضد التيار حتى ولو كانت هذه النقطة مع التيار من بداية منطقة تأثير الرمب .

2-يتضمن الجريان V12 في منطقة التشعب VR وبالتالي النموذج العام يتعامل مع V12 كمجموع للجريان على الرمب الخارج إضافة إلى جريان الطريق الحر .

EXHIBIT 25-12. MODELS FOR PREDICTING v_{12} AT OFF-RAMPS

$v_{12} = v_R + (v_F - v_R)P_{FD}$		
For 4-lane freeways (2 lanes each direction)	$P_{FD} = 1.00$	
For 6-lane freeways (3 lanes each direction)	$P_{FD} = 0.760 - 0.000025v_F - 0.000046v_R$	(Equation 5)
	$P_{FD} = 0.717 - 0.000039v_F + 0.184v_U/L_{up}$	(Equation 6)
	$P_{FD} = 0.616 - 0.000021v_F + 0.038v_D/L_{down}$	(Equation 7)
For 8-lane freeways (4 lanes each direction)	$P_{FD} = 0.436$	(Equation 8)

- المتغيرات المستخدمة في الجدول (12-25) معرفة كما يلي :
- V12 : معدل الجريان في الحارات 1 و 2 من الطريق المباشر ضد التيار من التشعب (PC/h) .
- VF: معدل الجريان المطلوب للطريق الحر مباشرة ضد التيار من التشعب (PC/h) .
- VR : معدل الجريان المطلوب على الرمب الخارج (PC/h) .
- VU : معدل الجريان المطلوب على الرمب الداخل ضد التيار (PC/h) .
- VD : معدل الجريان المطلوب على الرمب الداخل مع التيار (PC/h) .
- VFD: نسبة من جريان الطريق الحر المتبقي في الحارات 1 و 2 مباشرة ضد التيار من التشعب (PC/h) .
- LUP : مسافة الرمب المجاور ضد التيار (m) .
- Ldown : مسافة الرمب المجاور مع التيار (m) .

النموذج العام يعتبر أن V12 يتألف من VR ونسبة من VF من أجل طريق حر بأربع حارات مرور .

أما من أجل عدد حارات مختلف يظهر الجدول (13-25) سلسلة متنوعة من الرمبات التي يمكن أن تظهر ، علما أن العلاقة 6 من هذا الجدول هي من أجل رمبات داخلة ضد التيار والعلاقة 7 هي من أجل رمبات مجاورة خارجة ولكن مع التيار . الرمبات الخارجة المجاورة ضد التيار والرمبات المجاورة الداخلة مع التيار فلا تؤثر على الرمب المدروس .

EXHIBIT 25-13. SELECTING EQUATIONS FOR P_{FD} FOR SIX-LANE FREEWAYS

Adjacent Upstream Ramp	Subject Ramp	Adjacent Downstream Ramp	Equation(s) Used
None	Off	None	Equation 5
None	Off	On	Equation 5
None	Off	Off	Equation 7 or 5
On	Off	None	Equation 6 or 5
Off	Off	None	Equation 5
On	Off	On	Equation 6 or 5
On	Off	Off	Equation 7, 6, or 5
Off	Off	On	Equation 5
Off	Off	Off	Equation 7 or 5

عندما يوجد الرمب الداخل ضد التيار والرمب الخارج مع التيار أ كليهما فإن القرار في استخدام العلاقة 6 or 7 مقابل العلاقة 5 يكون بحساب مسافة التوازن LEQ بين الرمبات .

إذا كانت المسافة بين الرمبات LEQ تستخدم دائما العلاقة 5 .

وإذا كانت المسافة بين الرمبات <LEQ نستخدم العلاقة 6 or 7 .

علما أن LEQ تعطى بالعلاقة التالية :

$$L_{EQ} = \frac{v_U}{0.2337 + 0.000076v_F - 0.00025v_R} \qquad (25\text{-}8)$$

- حيث :
- LEQ : مسافة التوازن عندما العلاقة 5 متكافئة مع العلاقة 6 من الجدول (25-12) .
- وكل المتغيرات محددة سابقا" . إذا كان LEQ =< LUP تستخدم العلاقة 5 .

LEQ< LUP تستخدم العلاقة 6 .

≥

أما عندما يوجد رمب خارج وضد التيار تحسب LEQ كما يلي :

$$L_{EQ} = \frac{v_D}{3.79 - 0.00011v_F - 0.00121v_R} \qquad (25\text{-}9)$$

- حيث :
- LEQ : مسافة التوازن عندما العلاقة 5 تكافئ العلاقة 7 من الجدول (25-12) (m) .

إذا كانت LEQ =< Ldown نستخدم العلاقة 5 .

- Ldown < LEQ نستخدم العلاقة 7 .

- تحديد السعة :

يجب أن تدقق القيم المحددة التالية في منطقة التشعب وهي الجريان الإجمالي الذي يمكن أن ينحرف من التشعب ، وسعة ذراع أو أذرع الطريق الحر المتفرع أو الرمب أو كليهما ، والجريان الأعظمي الذي يمكن أن يدخل الحارات 1 و2 المتقدمة إلى حارة التباطؤ .تحدد سعة الجريان الإجمالي بسعة حارات الطريق الحر المقترب من التفرع ، ويظهر الجدول (14-25) قيم السعات لهذا الجريان حسب عدد الحارات في كل اتجاه كما يظهر قيم الجريان الأعظمي :

EXHIBIT 25-14. CAPACITY VALUES FOR DIVERGE AREAS

Freeway Free-Flow Speed (km/h)	Maximum Upstream, v_{FI} or Downstream Freeway Flow, v (pc/h)				Max Flow Entering Influence Area, v_{12} (pc/h)
	Number of Lanes in One Direction				
	2	3	4	> 4	
120	4800	7200	9600	2400/ln	4400
110	4700	7050	9400	2350/ln	4400
100	4600	6900	9200	2300/ln	4400
90	4500	6750	9000	2250/ln	4400

- يظهر الخلل في منطقة التفرع إذا وجدت أحد الحالات التالية :

1-يتجاوز الجريان الإجمالي الواصل و المطلوب سعة قطاع الطريق الحر ضد التيار .

2-يتجاوز الجريان المطلوب الذي يحدث على الطريق الحر مع التيار سعة قطاع الطريق الحر مع التيار .

3-الجريان المطلوب على الرمب الخارج يتجاوز سعته .

تحديد LOS

- يحدد مستوى الخدمة في منطقة التفرع بالاعتماد على الكثافة في هذه المنطقة العلاقات المستخدمة في مناطق الاندماج هي نفسها مستخدمة من أجل مناطق التفرع وأظهرت سابقا" في الجدول(4-25) . أما حساب كثافة منطقة التفرع فيتم كما يلي :

$$D_R = 2.642 + 0.0053v_{12} - 0.0183L_D \qquad (25\text{-}10)$$

حيث :

DR : كثافة منطقة التفرع (عربة حسابية / كم /حارة)

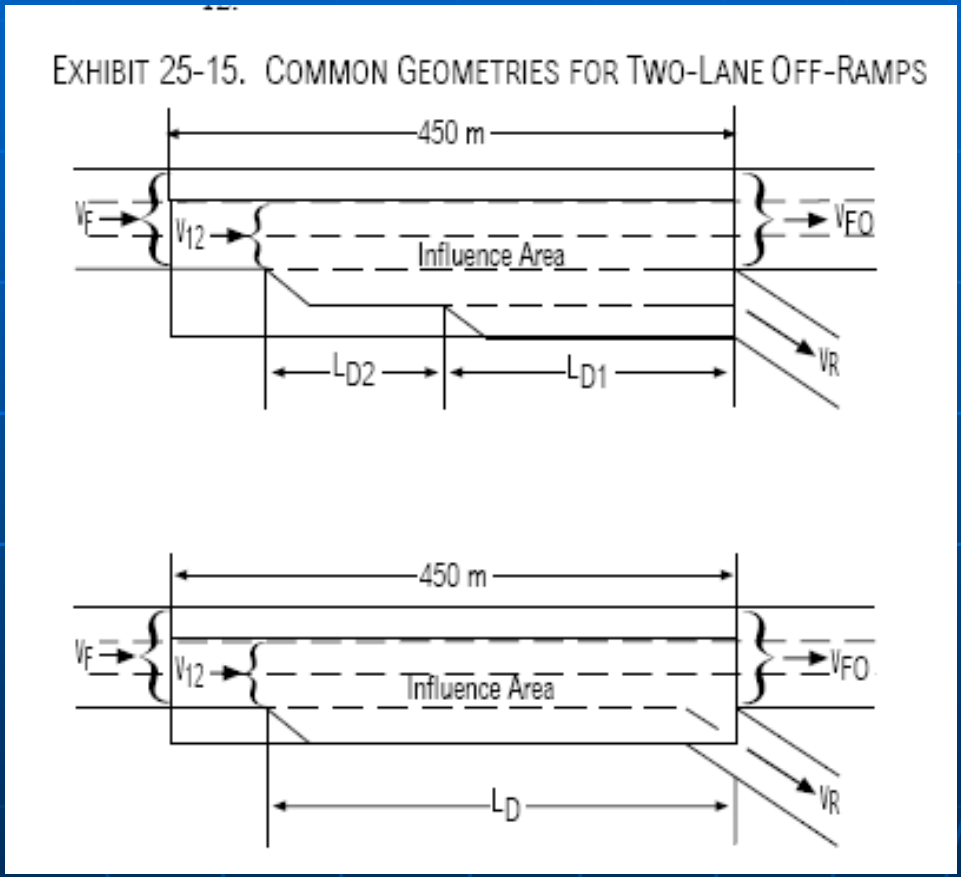
V12 : معدل الجريان الداخل إلى منطقة تأثير الرمب (PC/h) .

LD : مسافة حارة التباطؤ (m) .

الكثافة تحسب باستخدام العلاقة (25-10) كما يحدد مستوى الخدمة باستخدام الجدول (25-4)

حارتين على الرمبات الخارجة

إن وجود حارتين على الرمب الخارج يؤثر في توزيع الحارة على العربات المقتربة وبالتالي في حساب V12 .



العلاقة الإجمالية لحساب V12 في منطقة التفرع تبقى كما هي كتلك المبينة في الجدول (25-12)

$$V_{12} = V_R + (V_F - V_R) P_{FD}$$

- علما" أن PFD يأخذ القيم التالية :
- PFD=1 من أجل طريق حر بأربع حارات .
- PFD=0.45 من أجل طريق حر بست حارات .
- PFD=0.26 من أجل طريق حر بثماني حارات .
- لتحديد الكثافة في منطقة التفرع نستخدم العلاقة (25-10) ، وهندسة حارتي مرور على الرمب الخارج مشابهة لتلك المذكورة في بداية قسم (25-15)مع استبدال مسافة حارة التباطؤ بالطول الفعال LDeff والتي تعطى بالعلاقة التالية :

$$L_{Deff} = 2L_{D1} + L_{D2} \qquad (25\text{-}11)$$

مناطق التفرع الرئيسية: الشكلين الشائعين لمناطق التفرع مبينة في الأشكال (25-16) و(25-17) . في الشكل(25-16) عدد الحارات الداخلة إلى منطقة التفرع يساوي عدد الحارات الخارجة منها ، أما في الشكل (25-17) فإن عدد الحارات الخارجة من منطقة التفرع يساوي أو أكثر من عدد الحارات الداخلة إليها :

EXHIBIT 25-16. MAJOR DIVERGE AREA WITH EQUAL NUMBER OF LANES ENTERING AND LEAVING INFLUENCE AREA

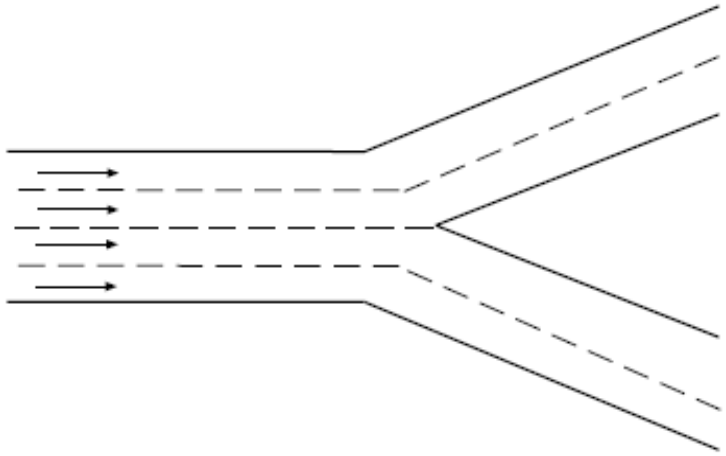
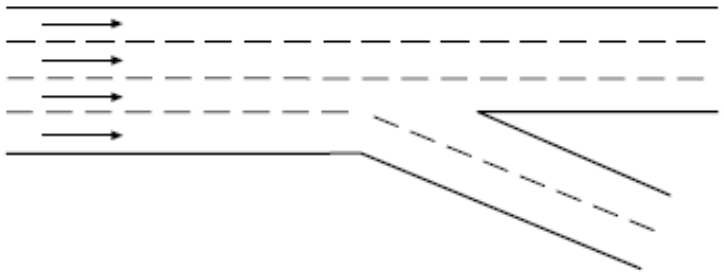


EXHIBIT 25-17. MAJOR DIVERGE AREA WITH MORE LANES LEAVING THAN ENTERING INFLUENCE AREA



يشمل التحليل الأولي لمنطقة الاندماج الرئيسية سعة الطرق الداخلة والخارجة منها ، والعلاقة التالية تحسب كثافة كل حارات الطريق الحر بالنسبة لمسافة 450m ضد التيار.

$$D = 0.0109 \frac{V_F}{N} \qquad (25\text{-}12)$$

- حيث :
- D : الكثافة الوسطية من خلال كل حارات الطريق الحر بالنسبة لمسافة 450m ضد التيار من منطقة التفرع (PCU/Km/Ln) .
- VF : معدل جريان الطريق الحر المقترب من منطقة التفرع (PCU/h/Ln) .
- N : عدد حارات قطاع الطريق الحر المقترب من منطقة التفرع .
- يمكن أن تقارن هذه الكثافة مع الكثافات الواردة في الجدول (4-25) لتحديد مستوى الخدمة في منطقة التفرع .

الرمبات الخارجة من طريق حر بعشر حارات مرور (خمس حارات في كل اتجاه):

- يوجد هذا النوع في بعض المناطق المحلية وتعالج كما هو الحال في الرمبات الداخلة إلى طريق حر بعشر حارات مرور.
والجريان في الحارة الخامسة يحسب كما ورد في الجدول
- (18-25) ، أما الجريان في الحارات الأربعة المتبقية فيحسب بالعلاقة التالية :

$$V_{F4eff} = V_F - V_5$$

ويحلل الرمب كما لو كان طريق بثماني حارات (أربع حارات في كل اتجاه) باستخدام الإجراءات المعيارية وباعتبار VF=VF4eff ، هذا الاعتبار يطبق فقط للحارة المفردة ، الجهة اليمنى للرمب الخارج بخمس حارات .

EXHIBIT 25-18. FLOW IN LANE 5 OF FREEWAY APPROACHING SINGLE-LANE, RIGHT-HAND OFF-RAMP

Total Approaching Freeway Flow, v_F (pc/h)	Flow in Lane 5, v_5 (pc/h)
≥ 7,000	$0.200v_F$
5,500–6,999	$0.150v_F$
4,000–5,499	$0.100v_F$
< 4,000	0

تداخل مناطق تأثير الرمب

- عندما تتواجد سلسلة من الرمبات على الطريق الحر سوف تتداخل مناطق تأثير الرمب (450m) ، في هذه الحالة تتم الدراسة على الرمب ذو الكثافة الأعلى .

تحديد السرعة في منطقة تأثير الرمب

- لإدارة الطريق الحر وجعله في مستوى خدمة متعدد التسهيلات ، يكون من الضروري التنبؤ بمعدل السرعة وخاصة ضمن منطقة تأثير الرمب وعلى الحارات الخارجة من منطقة التأثير في الحارات 3 و 4 .
وبالتالي ليس من الملائم اعتبار سرعة العربات في هذه الحارات هي نفسها على قطاعات الطريق الحر من أجل معدلات جريان مشابهة ، في العموم سوف تكون السرعات في الحارات الخارجة أخفض مقارنة مع السرعات لمستويات الجريان المشابهة في قطاعات الطريق الحر الرئيسي إلا إذا كانت معدلات الجريان في هذه الحارات منخفضة جدا"

- يظهر الجدول (19-25) علاقات لحساب السرعات ، ونلاحظ أن السرعة يمكن أن تحسب من أجل حالات جريان ثابتة ومستقرة فقط .
العلاقات لحساب معدل السرعة في الحارات الخارجة مقابل معدلات للجريان تصل إلى 2988 veh/h/ln من أجل مناطق الاندماج 2350 veh/h/lnمن أجل مناطق التفرع .

EXHIBIT 25-19. AVERAGE SPEEDS IN VICINITY OF FREEWAY-RAMP TERMINALS

	Average Speed in Ramp Influence Area (km/h)	Average Speed in Outer Lanes of Ramp Influence Area (km/h)
Merge areas (on-ramps)	$S_R = S_{FF} - (S_{FF} - 67)M_s$ $M_s = 0.321 + 0.0039e^{(v_{R12}/1000)} - 0.004(L_A S_{FR}/1000)$	$S_O = S_{FF}$ where $v_{OA} < 500$ pc/h $S_O = S_{FF} - 0.0058(v_{OA} - 500)$ where $v_{OA} = 500$ to 2300 pc/h $S_O = S_{FF} - 10.52 - 0.01(v_{OA} - 2300)$ where $v_{OA} > 2300$ pc/h
Diverge areas (off-ramps)	$S_R = S_{FF} - (S_{FF} - 67)D_s$ $D_s = 0.883 + 0.00009v_R - 0.008S_{FR}$	$S_O = 1.06S_{FF}$ where $v_{OA} < 1000$ pc/h $S_O = 1.06S_{FF} - 0.0062(v_{OA} - 1000)$ where $v_{OA} \geq 1000$ pc/h

- المتغيرات المستخدمة في الجدول السابق تحدد كما يلي :
- SR : السرعة المتوسطة ضمن منطقة تأثير الرمب Km/h.
- SO : السرعة المتوسطة للعربات في الحارات 3 و 4 ضمن 450m (منطقة تأثير الرمب) Km/h.
- SFF: سرعة الجريان الحر على الطريق الحر المقترب من منطقة الاندماج أو التفرع Km/h.
- SFR : سرعة الجريان الحر على الرمب Km/h.
- LA : مسافة حارة التسارع (m) .
- VR : معدل الجريان على الرمب PC/h .
- VR12: مجموع معدلات الجريان على الرمب VR والعربات الداخلة منطقة تأثير الرمب في الحارات 1 و2 (V12) في منطقة الاندماج PC/h .
- VOA : معدل الجريان الوسطي للحارة المرورية بالنسبة للحارات الخارجة في بداية منطقة تأثير الرمب (PCU/h/Ln) .
- MS : عامل يتعلق بتحديد السرعة الوسطية في منطقة الاندماج .
- DS : عامل يتعلق بتحديد السرعة الوسطية في منطقة التفرع .

يعطى معدل الجريان الوسطي للحارة في الحارات الخارجية بالعلاقة :

$$V_{OA} = \frac{V_F - V_{12}}{N_O} \qquad (25\text{-}13)$$

- حيث :
- NO : عدد الحارات الخارجة في اتجاه واحد (لا تشمل حارات التسارع والتباطؤ أو الحارات 1 و 2)
- VF : معدل الجريان الإجمالي للطريق الحر PC/h .
- V12 : معدل الجريان المقترب من منطقة تأثير الرمب PC/h .

بعد حساب SR و SO يمكن حساب السرعة الوسطية لكل العربات ضمن منطقة تأثير الرمب كمتوسط للعلاقتين التاليتين علما أن العلاقة (25-14) لمناطق الاندماج والعلاقة (25-15) لمناطق التفرع :

$$S = \frac{v_{R12} + v_{OA} N_O}{\left(\frac{v_{R12}}{S_R}\right) + \left(\frac{v_{OA} N_O}{S_O}\right)} \qquad (25\text{-}14)$$

$$S = \frac{v_{12} + v_{OA} N_O}{\left(\frac{v_{12}}{S_R}\right) + \left(\frac{v_{OA} N_O}{S_O}\right)} \qquad (25\text{-}15)$$

EXHIBIT 25-20. RAMPS AND RAMP JUNCTIONS WORKSHEET

RAMPS AND RAMP JUNCTIONS WORKSHEET

General Information

Analyst _____
Agency or company _____
Date Performed _____
Analysis Time Period _____

Site Information

Freeway/Direction of Travel _____
Junction _____
Jurisdiction _____
Analysis Year _____

❑ Operational (LOS) ❑ Design (L_A, L_D, or N) ❑ Planning (LOS) ❑ Planning (L_A, L_D, or N)

Inputs

Upstream Adjacent Ramp

❑ Yes ❑ On
❑ No ❑ Off

L_{up} = _____ m

V_u = _____ veh/h

Terrain _____

S_{FF} = _____ km/h S_{FR} = _____ km/h

Sketch (show lanes, L_A, L_D, v_R, v_F)

Downstream Adjacent Ramp

❑ Yes ❑ On
❑ No ❑ Off

L_{down} = _____ m

V_D = _____ veh/h

Conversion to pc/h Under Base Conditions

(pc/h)	AADT (veh/day)	K	D	V (veh/h)	PHF	% HV	f_{HV}	f_p	$v = \frac{V}{PHF\ f_{HV}\ f_p}$
v_F									
v_R									
v_U									
v_D									

Merge Areas

Estimation of v_{12}

$v_{12} = v_F * P_{FM}$

L_{EQ} = _____ (Equation 25-2 or 25-3)

P_{FM} = _____ using Equation _____ (Exhibit 25-5)

v_{12} = _____ pc/h

Capacity Checks

	Actual	Maximum	LOS F?
v_{FO}		See Exhibit 25-7	
v_{R12}		4600: All	

Level-of-Service Determination (if not F)

$D_R = 3.402 + 0.00456\ v_R + 0.0048\ v_{12} - 0.01278\ L_A$

D_R = _____ pc/km/ln

LOS = _____ (Exhibit 25-4)

Speed Estimation

M_s = _____ (Exhibit 25-19)
S_R = _____ km/h (Exhibit 25-19)
S_O = _____ km/h (Exhibit 25-19)
S = _____ km/h (Equation 25-14)

Diverge Areas

Estimation of v_{12}

$v_{12} = v_R + (v_F - v_R)P_{FD}$

L_{EQ} = _____ (Equation 25-8 or 25-9)

P_{FD} = _____ using Equation _____ (Exhibit 25-12)

v_{12} = _____ pc/h

Capacity Checks

	Actual	Maximum	LOS F?
$v_{FI} = v_F$		See Exhibit 25-14	
v_{12}		4400: All	
$v_{FO} = v_F - v_R$		See Exhibit 25-14	
v_R		See Exhibit 25-3	

Level-of-Service Determination (if not F)

$D_R = 2.642 + 0.0053\ v_{12} - 0.0183\ L_D$

D_R = _____ pc/km/ln

LOS = _____ (Exhibit 25-4)

Speed Estimation

D_s = _____ (Exhibit 25-19)
S_R = _____ km/h (Exhibit 25-19)
S_O = _____ km/h (Exhibit 25-19)
S = _____ km/h (Equation 25-15)

EXAMPLE PROBLEM 1

The Ramp An isolated on-ramp (single lane) to a four-lane freeway.

The Question What is the LOS during the peak hour?

The Facts

- √ Isolated location,
- √ Two-lane (in one direction) freeway segment,
- √ 3.6-m lane width on freeway,
- √ 0 percent RVs,
- √ Ramp volume = 550 veh/h,
- √ 10 percent trucks on freeway,
- √ Acceleration lane length = 225 m,
- √ FFS = 70 km/h for ramp,
- √ One-lane ramp,
- √ Level terrain,
- √ Adequate lateral clearances,
- √ FFS = 100 km/h for freeway,
- √ 5 percent trucks on ramp,
- √ Freeway volume = 2,500 veh/h,
- √ PHF = 0.90, and
- √ Drivers are regular commuters.

Comments

- √ Use Chapter 23, "Basic Freeway Segments," to identify f_{HV} and f_p.

Outline of Solution All input parameters are known; thus no default values are required. Demand volumes will be converted to flow rates. Capacity will then be checked. The density in the merge influence area will be calculated and LOS determined.

Steps

1.	Convert volume (veh/h) to flow rate (pc/h) (use Equation 25-1).	$v = \frac{V}{(PHF)(f_{HV})(f_p)}$ $v_F = \frac{2,500}{(0.90)(0.952)(1.000)} = = 2,918$ pc/h $v_R = \frac{550}{(0.90)(0.976)(1.000)} = 626$ pc/h
1a.	Determine f_p (use Chapter 23).	For both ramp and freeway, $f_p = 1.000$
1b.	Determine f_{HV} (use Chapter 23).	$f_{HV} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1) + P_R(E_R - 1)}$ f_{HV} (fwy) $= \frac{1}{1 + 0.10(1.5 - 1)} = 0.952$ f_{HV} (ramp) $= \frac{1}{1 + 0.05(1.5 - 1)} = 0.976$
2.	Compute v_{12} (use Exhibit 25-5, $P_{FM} = 1.000$).	$v_{12} = v_F * P_{FM} = 2,918 * 1.000 = 2,918$ pc/h
3.	Check capacity of downstream segment (Exhibit 25-7 shows 4,600 pc/h).	$v_{FO} = v_F + v_R$ $v_{FO} = 2,918 + 626 = 3,544$ pc/h
4.	Check maximum flow entering influence area (Exhibit 25-7 shows 4,600 pc/h).	$v_{R12} = 3,544$ pc/h
5.	Compute density (use Equation 25-5).	$D_R = 3.402 + 0.00456v_R + 0.0048v_{12} - 0.01278L_A$ $D_R = 3.402 + 0.00456(626) + 0.0048(2918) - 0.01278(225)$ $= 17.4$ pc/km/ln
6.	Compute merge area speed as supplemental information (use Exhibit 25-19).	$S_R = S_{FF} - (S_{FF} - 67)M_s$ $M_s = 0.321 + 0.0039e^{(3544/1000)} - 0.004(225 * 70/1000) = 0.393$ $S_R = 100 - (100 - 67)(0.393) = 87.0$ km/h $S = S_R = 87.0$ km/h
7.	Determine LOS (use Exhibit 25-4).	LOS D

The Results This on-ramp merge influence area will provide LOS D during the peak hour. The merge area density will be 17.4 pc/km/ln, and the speed in the merge area is estimated as 87 km/h.

RAMPS AND RAMP JUNCTIONS WORKSHEET

General Information

Analyst	RPR
Agency or company	Poly
Date Performed	
Analysis Time Period	PM Peak

Site Information

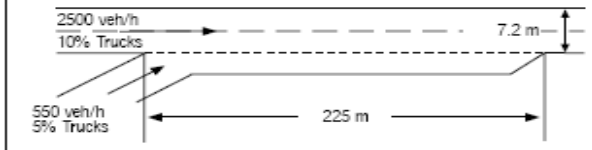
Freeway/Direction of Travel	I-1
Junction	Ramp #1
Jurisdiction	
Analysis Year	1999

☒ Operational (LOS) ☐ Design (L_A, L_D, or N) ☐ Planning (LOS) ☐ Planning (L_A, L_D, or N)

Inputs

Upstream Adjacent Ramp
☐ Yes ☐ On
☒ No ☐ Off
L_{up} = _____ m
V_u = _____ veh/h

Terrain: Level



S_{FF} = 100 km/h S_{FR} = 70 km/h
Sketch (show lanes, L_A, L_D, v_R, v_F)

Downstream Adjacent Ramp
☐ Yes ☐ On
☒ No ☐ Off
L_{down} = _____ m
V_D = _____ veh/h

Conversion to pc/h Under Base Conditions

	(pc/h)	AADT (veh/day)	K	D	V (veh/h)	PHF	% HV	f_{HV}	f_p	$v = \frac{V}{PHF\ f_{HV}\ f_p}$
v_F					2500	0.90	10	0.952	1.000	2918
v_R					550	0.90	5	0.976	1.000	626
v_U										
v_D										

Merge Areas

Estimation of v_{12}

$v_{12} = v_F * P_{FM}$

L_{EQ} = _____ (Equation 25-2 or 25-3)
P_{FM} = 1.000 using Equation _____ (Exhibit 25-5)
v_{12} = 2918 pc/h

Capacity Checks

	Actual	Maximum	LOS F?
v_{FO}	3544	See Exhibit 25-7	No
v_{R12}	3544	4600: All	No

Level-of-Service Determination (if not F)

$D_R = 3.402 + 0.00456\ v_R + 0.0048\ v_{12} - 0.01278\ L_A$

D_R = 17.4 pc/km/ln
LOS = D (Exhibit 25-4)

Speed Estimation

M_s = 0.393 (Exhibit 25-19)
S_R = 87.0 km/h (Exhibit 25-19)
S_O = _____ km/h (Exhibit 25-19)
S = 87.0 km/h (Equation 25-14)

Diverge Areas

Estimation of v_{12}

$v_{12} = v_R + (v_F - v_R)P_{FD}$

L_{EQ} = _____ (Equation 25-8 or 25-9)
P_{FD} = _____ using Equation _____ (Exhibit 25-12)
v_{12} = _____ pc/h

Capacity Checks

	Actual	Maximum	LOS F?
$v_{FI} = v_F$		See Exhibit 25-14	
v_{12}		4400: All	
$v_{FO} = v_F - v_R$		See Exhibit 25-14	
v_R		See Exhibit 25-3	

Level-of-Service Determination (if not F)

$D_R = 2.642 + 0.0053\ v_{12} - 0.0183\ L_D$

D_R = _____ pc/km/ln
LOS = _____ (Exhibit 25-4)

Speed Estimation

D_s = _____ (Exhibit 25-19)
S_R = _____ km/h (Exhibit 25-19)
S_O = _____ km/h (Exhibit 25-19)
S = _____ km/h (Equation 25-15)

Example Problem 2 (Part I)

The Ramp An off-ramp (single-lane) pair, 225 m apart, from a six-lane freeway. The length of the first deceleration lane is 150 m and that of the second deceleration lane is 90 m.

The Question What is the LOS during the peak hour for the first off-ramp?

The Facts

- √ One-lane off-ramps,
- √ FFS = 100 km/h for freeway,
- √ Rolling terrain,
- √ PHF = 0.95,
- √ 0 percent RVs,
- √ Drivers are regular commuters,
- √ FFS = 60 km/h for first off-ramp,
- √ Three-lane (in one direction) freeway segment,
- √ 5 percent trucks on freeway and off-ramps,
- √ Freeway volume = 4,500 veh/h, and
- √ First off-ramp volume = 300 veh/h.

Comments

- √ Use Chapter 23, "Basic Freeway Segments," to identify f_{HV} and f_p.

Outline of Solution All input parameters are known; thus no default values are required. Demand volumes will be converted to flow rates. Capacity will then be checked. The density in the diverge influence area will be calculated and LOS determined. Computations for the first ramp are shown below.

Steps

1. Convert volume (veh/h) to flow rate (pc/h) (use Equation 25-1).	$v = \frac{V}{(PHF)(f_{HV})(f_p)}$ $v_F = \frac{4{,}500}{(0.95)(0.930)(1.000)} = 5{,}093$ pc/h $v_{R1} = \frac{300}{(0.95)(0.930)(1.000)} = 340$ pc/h
1a. Determine f_p (use Chapter 23).	For ramps and freeway, $f_p = 1.000$
1b. Determine f_{HV} (use Chapter 23).	$f_{HV} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1) + P_R(E_R - 1)}$ f_{HV} (fwy and ramps) $= \frac{1}{1 + 0.05(2.5 - 1)} = 0.930$
2. Compute v_{12} (use Exhibit 25-12).	$v_{12} = v_R + (v_F - v_R)P_{FD}$ $v_{12} = 340 + (5{,}093 - 340)(0.617) = 3{,}273$ pc/h
2a. Decide on which equation to use, Equation 5 or 7 (use Equation 25-9).	$L_{EQ} = \frac{566}{3.79 - 0.00011(5093) - 0.00121(340)} = 201$m 225 m > 201 m ($L_{down} > L_{EQ}$); use Equation 5
2b. Compute P_{FD} (use Exhibit 25-12).	$P_{FD} = 0.760 - 0.000025v_F - 0.000046v_R$ $P_{FD} = 0.760 - 0.000025(5{,}093) - 0.000046(340) = 0.617$
3. Check capacity of upstream segment (Exhibit 25-14 shows 6,900 pc/h).	$v_F = 5{,}093$ pc/h
4. Check maximum flow entering diverge influence area (Exhibit 25-14 shows 4,400 pc/h).	$v_{12} = 3{,}273$ pc/h
5. Check capacity of downstream segment (Exhibit 25-14 shows 6,900 pc/h).	$v_{FO} = v_F - v_R$ $v_{FO} = 5{,}093 - 340 = 4{,}753$ pc/h
6. Check capacity of off-ramp (use Exhibit 25-3, 2,000 pc/h).	$v_R = 340$ pc/h
7. Compute density (use Equation 25-10).	$D_R = 2.642 + 0.0053v_{12} - 0.0183L_D$ $D_R = 2.642 + 0.0053(3273) - 0.0183(150) = 17.2$ pc/km/ln
8. Compute speeds as supplemental information (use Exhibit 25-19 and Equations 25-13 and 25-15).	$S_R = S_{FF} - (S_{FF} - 67)D_s$ $D_s = 0.883 + 0.00009(340) - 0.008(60) = 0.434$ $S_R = 100 - (100 - 67)(0.434) = 85.7$ km/h $v_{OA} = (v_F - v_{12})/N_O = (5{,}093 - 3{,}273)/1 = 1{,}820$ pc/h
8. (continued)	$S_O = 1.06S_{FF} - 0.0062(v_{OA} - 1000)$ $S_O = 1.06(100) - 0.0062(1820 - 1000) = 100.9$ km/h $S = \frac{3273 + (1820)(1)}{\left(\frac{3273}{85.7}\right) + \left(\frac{1820(1)}{100.9}\right)} = 90.6$ km/h
9. Determine LOS (use Exhibit 25-4).	LOS D

The Results The first off-ramp diverge influence area will provide LOS D with a diverge influence area speed of 86 km/h, system speed of 91 km/h, and density of 17.2 pc/km/ln.

RAMPS AND RAMP JUNCTIONS WORKSHEET

General Information

Analyst	JMU
Agency or company	Poly
Date Performed	
Analysis Time Period	AM Peak

Site Information

Freeway/Direction of Travel	I-2
Junction	Ramp #1
Jurisdiction	
Analysis Year	1999

☒ Operational (LOS) ☐ Design (L_A, L_D, or N) ☐ Planning (LOS) ☐ Planning (L_A, L_D, or N)

Inputs

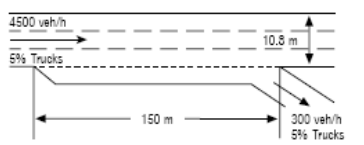
Upstream Adjacent Ramp

☐ Yes ☐ On
☒ No ☐ Off

L_{up} = _____ m

V_U = _____ veh/h

Terrain: Rolling



S_{FF} = 100 km/h S_{FR} = 60 km/h

Sketch (show lanes, L_A, L_D, v_R, v_F)

Downstream Adjacent Ramp

☒ Yes ☐ On
☐ No ☒ Off

L_{down} = 225 m

V_D = 500 veh/h

Conversion to pc/h Under Base Conditions

(pc/h)	AADT (veh/day)	K	D	V (veh/h)	PHF	% HV	f_{HV}	f_p	$v = \frac{V}{PHF \, f_{HV} \, f_p}$
v_F				4500	0.95	5	0.930	1.000	5093
v_R				300	0.95	5	0.930	1.000	340
v_U				-	-	-	-	-	-
v_D				500	0.95	5	0.930	1.000	566

Merge Areas

Estimation of v_{12}

$v_{12} = v_F * P_{FM}$

L_{EQ} = _____ (Equation 25-2 or 25-3)

P_{FM} = _____ using Equation _____ (Exhibit 25-5)

v_{12} = _____ pc/h

Capacity Checks

	Actual	Maximum	LOS F?
v_{FO}		See Exhibit 25-7	
v_{R12}		4600: All	

Level-of-Service Determination (if not F)

$D_R = 3.402 + 0.00456 \, v_R + 0.0048 \, v_{12} - 0.01278 \, L_A$

D_R = _____ pc/km/ln

LOS = _____ (Exhibit 25-4)

Speed Estimation

M_L = _____ (Exhibit 25-19)

S_R = _____ km/h (Exhibit 25-19)

S_O = _____ km/h (Exhibit 25-19)

S = _____ km/h (Equation 25-14)

Diverge Areas

Estimation of v_{12}

$v_{12} = v_R + (v_F - v_R)P_{FD}$

L_{EQ} = 201 (Equation 25-8 or 25-9)

P_{FD} = 0.617 using Equation 5 (Exhibit 25-12)

v_{12} = 3273 pc/h

Capacity Checks

	Actual	Maximum	LOS F?
$v_{FI} = v_F$	5093	See Exhibit 25-14	No
v_{12}	3273	4400: All	No
$v_{FO} = v_F - v_R$	4753	See Exhibit 25-14	No
v_R	340	See Exhibit 25-3	No

Level-of-Service Determination (if not F)

$D_R = 2.642 + 0.0053 \, v_{12} - 0.0183 \, L_D$

D_R = 17.2 pc/km/ln

LOS = D (Exhibit 25-4)

Speed Estimation

D_s = 0.434 (Exhibit 25-19)

S_R = 85.7 km/h (Exhibit 25-19)

S_O = 100.9 km/h (Exhibit 25-19)

S = 90.6 km/h (Equation 25-15)

EXAMPLE PROBLEM 2 (PART II)

The Ramp An off-ramp (single-lane) pair, 225 m apart, from a six-lane freeway. The length of the first deceleration lane is 150 m and that of the second deceleration lane is 90 m.

The Question What is the LOS during the peak hour for the second off-ramp?

Additional Facts

- √ Second off-ramp volume = 500 veh/h, and
- √ FFS = 40 km/h for second off-ramp.

Comments

- √ Use Chapter 23, "Basic Freeway Segments," to identify f_{HV} and f_p.

Outline of Solution All input parameters are known; thus no default values are required. Demand volumes will be converted to flow rates. Capacity will then be checked. The density in the diverge area will be calculated and LOS determined. Computations for the second ramp are summarized below.

Steps

1.	Convert volume (veh/h) to flow rate (pc/h) (use Equation 25-1).	$v = \frac{V}{(PHF)(f_{HV})(f_p)}$ $v_F = 5{,}093 - 340 = 4{,}753$ pc/h $v_{R2} = \frac{500}{(0.95)(0.930)(1.000)} = 566$ pc/h
2.	Compute v_{12} (use Exhibit 25-12).	$v_{12} = v_R + (v_F - v_R)P_{FD}$ $v_{12} = 566 + (4{,}753 - 566)(0.615) = 3{,}141$ pc/h
2a.	Compute P_{FD} (use Exhibit 25-12).	$P_{FD} = 0.760 - 0.000025v_F - 0.000046v_R$ $P_{FD} = 0.760 - 0.000025(4{,}753) - 0.000046(566) = 0.615$
3.	Check capacity of upstream segment (Exhibit 25-14 shows 6,900 pc/h).	$v_F = 4{,}753$ pc/h
4.	Check maximum flow entering diverge influence area (Exhibit 25-14 shows 4,400 pc/h).	$v_{12} = 3{,}141$ pc/h
5.	Check capacity of downstream segment (Exhibit 25-14 shows 6,900 pc/h).	$v_{FO} = v_F - v_R$ $v_{FO} = 4{,}753 - 566 = 4{,}187$ pc/h
6.	Check capacity of off-ramp (use Exhibit 25-3, 1,900 pc/h).	$v_R = 566$ pc/h
7.	Compute density (use Equation 25-10).	$D_R = 2.642 + 0.0053v_{12} - 0.0183L_D$ $D_R = 2.642 + 0.0053(3141) - 0.0183(90) = 17.6$ pc/km/ln
8.	Compute speeds as supplemental information (use Exhibit 25-19 and Equations 25-13 and 25-15).	$S_R = S_{FF} - (S_{FF} - 67)D_s$ $D_s = 0.883 + 0.00009(566) - 0.008(40) = 0.614$ $S_R = 100 - (100 - 67)(0.614) = 79.7$ km/h $v_{OA} = (v_F - v_{12})/N_O = (4{,}753 - 3{,}141)/1 = 1{,}612$ pc/h $S_O = 1.06S_{FF} - 0.0062(v_{OA} - 1000)$ $S_O = 1.06(100) - 0.0062(1612 - 1000) = 102.2$ km/h $S = \frac{3141+1612(1)}{\left(\frac{3141}{79.7}\right)+\left(\frac{1612(1)}{102.2}\right)} = 86.1$ km/h
9.	Determine LOS (use Exhibit 25-4).	LOS D

The Results The second off-ramp diverge influence area will provide LOS D with a diverge influence area speed of 80 km/h, system speed of 86 km/h, and density of 17.6 pc/km/ln.

RAMPS AND RAMP JUNCTIONS WORKSHEET

General Information

Analyst	JMU
Agency or company	Poly
Date Performed	
Analysis Time Period	AM Peak

Site Information

Freeway/Direction of Travel	I-2
Junction	Ramp #2
Jurisdiction	
Analysis Year	1999

☒ Operational (LOS) ☐ Design (L_A, L_D, or N) ☐ Planning (LOS) ☐ Planning (L_A, L_D, or N)

Inputs

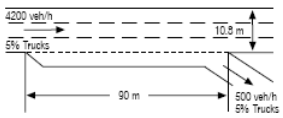
Upstream Adjacent Ramp

☒ Yes ☐ On
☐ No ☒ Off

L_{up} = 225 m

V_u = 300 veh/h

Terrain: Rolling



S_{FF} = 100 km/h S_{FR} = 40 km/h

Sketch (show lanes, L_A, L_D, v_R, v_F)

Downstream Adjacent Ramp

☐ Yes ☐ On
☒ No ☐ Off

L_{down} = _____ m

V_D = _____ veh/h

Conversion to pc/h Under Base Conditions

(pc/h)	AADT (veh/day)	K	D	V (veh/h)	PHF	% HV	f_{HV}	f_p	$v = \frac{V}{PHF\ f_{HV}\ f_p}$
v_F									4753
v_R				500	0.95	5	0.930	1.000	566
v_U				300	0.95	5	0.930	1.000	340
v_D				-	-	-	-	-	-

Merge Areas

Estimation of v_{12}

$v_{12} = v_F * P_{FM}$

L_{EQ} = _____ (Equation 25-2 or 25-3)

P_{FM} = _____ using Equation _____ (Exhibit 25-5)

v_{12} = _____ pc/h

Capacity Checks

	Actual	Maximum	LOS F?
v_{FO}		See Exhibit 25-7	
v_{R12}		4600: All	

Level-of-Service Determination (if not F)

$D_R = 3.402 + 0.00456\ v_R + 0.0048\ v_{12} - 0.01278\ L_A$

D_R = _____ pc/km/ln

LOS = _____ (Exhibit 25-4)

Speed Estimation

M_s = _____ (Exhibit 25-19)

S_R = _____ km/h (Exhibit 25-19)

S_O = _____ km/h (Exhibit 25-19)

S = _____ km/h (Equation 25-14)

Diverge Areas

Estimation of v_{12}

$v_{12} = v_R + (v_F - v_R)P_{FD}$

L_{EQ} = _____ (Equation 25-8 or 25-9)

P_{FD} = 0.615 using Equation 5 (Exhibit 25-12)

v_{12} = 3141 pc/h

Capacity Checks

	Actual	Maximum	LOS F?
$v_{Fi} = v_F$	4753	See Exhibit 25-14	No
v_{12}	3141	4400: All	No
$v_{FO} = v_F - v_R$	4187	See Exhibit 25-14	No
v_R	566	See Exhibit 25-3	No

Level-of-Service Determination (if not F)

$D_R = 2.642 + 0.0053\ v_{12} - 0.0183\ L_D$

D_R = 17.6 pc/km/ln

LOS = D (Exhibit 25-4)

Speed Estimation

D_s = 0.614 (Exhibit 25-19)

S_R = 79.7 km/h (Exhibit 25-19)

S_O = 102.2 km/h (Exhibit 25-19)

S = 86.1 km/h (Equation 25-15)

EXAMPLE PROBLEM 3 (PART I)

The Ramp An on-ramp and off-ramp (single-lane) pair, 400 m apart, to an eight-lane freeway. The length of both the acceleration and deceleration lanes is 80 m.

The Question What is the LOS during the peak hour for the on-ramp merge influence area?

The Facts

- √ One-lane on- and off-ramps,
- √ Level terrain,
- √ 3.6-m lane width on freeway,
- √ PHF = 0.90,
- √ Freeway volume = 5,500 veh/h,
- √ FFS = 50 km/h for on-ramp,
- √ FFS = 100 km/h for freeway,
- √ Four-lane (in one direction) freeway segment,
- √ 10 percent trucks on freeway,
- √ 5 percent trucks on on-ramp,
- √ 0 percent RVs,
- √ On-ramp volume = 400 veh/h, and
- √ Drivers are regular commuters.

Comments

- √ Use Chapter 23, "Basic Freeway Segments," to identify f_{HV} and f_p.

Outline of Solution All input parameters are known; thus no default values are required. Demand volumes will be converted to flow rates. Capacity will then be checked. The density in the merge influence area will be calculated and LOS determined.

Steps

1.	Convert volume (veh/h) to flow rate (pc/h) (use Equation 25-1).	$v = \frac{V}{(PHF)(f_{HV})(f_p)}$ $v_F = \frac{5{,}500}{(0.90)(0.952)(1.000)} = 6{,}419$ pc/h $v_{R1} = \frac{400}{(0.90)(0.976)(1.000)} = 455$ pc/h
1a.	Determine f_{HV} (use Chapter 23).	$f_{HV} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1) + P_R(E_R - 1)}$ f_{HV} (fwy) $= \frac{1}{1 + 0.10(1.5 - 1)} = 0.952$ f_{HV} (on-ramp) $= \frac{1}{1 + 0.05(1.5 - 1)} = 0.976$
2.	Compute v_{12} (use Exhibit 25-5).	$v_{12} = v_F * P_{FM} = 6{,}419 * 0.255 = 1{,}637$ pc/h
2a.	Compute P_{FM} (use Exhibit 25-5).	$P_{FM} = 0.2178 - 0.000125v_R + 0.05887\ L_A/S_{FR}$ $P_{FM} = 0.2178 - 0.000125(455) + 0.05887(80/50) = 0.255$
3.	Check capacity of downstream segment (Exhibit 25-7 shows 9,200 pc/h).	$v_{FO} = 6{,}419 + 455 = 6{,}874$ pc/h
4.	Check maximum flow entering merge influence area (Exhibit 25-7 shows 4,600 pc/h).	$v_{R12} = 1{,}637 + 455 = 2{,}092$ pc/h
5.	Compute density (use Equation 25-5).	$D_R = 3.402 + 0.00456v_R + 0.0048v_{12} - 0.01278L_A$ $D_R = 3.402 + 0.00456(455) + 0.0048(1637) - 0.01278(80) =$ 12.3 pc/km/ln
6.	Compute speeds as supplemental information (use Exhibit 25-19 and Equations 25-13 and 25-14).	$S_R = S_{FF} - (S_{FF} - 67)M_s$ $M_s = 0.321 + 0.0039e^{(2092/1000)} - 0.004(80 * 50/1000) = 0.337$ $S_R = 100 - (100 - 67)(0.337) = 88.9$ km/h $v_{OA} = (v_F - v_{12})/N_O = (6{,}419 - 1{,}637)/2 = 2{,}391$ pc/h $S_O = S_{FF} - 10.52 - 0.01(v_{OA} - 2300)$ $S_O = 100 - 10.52 - 0.01(2391 - 2300) = 88.6$ km/h $S = \frac{2092 + 2391(2)}{\left(\frac{2092}{88.9}\right) + \left(\frac{2391 * 2}{88.6}\right)} = 88.7$ km/h
7.	Determine LOS (use Exhibit 25-4).	LOS C

The Results This on-ramp merge influence area will provide LOS C with a merge influence area speed of 89 km/h, system speed of 89 km/h, and density of 12.3 pc/km/ln.

RAMPS AND RAMP JUNCTIONS WORKSHEET

General Information

Analyst	MMU
Agency or company	UNC
Date Performed	
Analysis Time Period	PM Peak

Site Information

Freeway/Direction of Travel	I-3
Junction	Ramp #1
Jurisdiction	
Analysis Year	1999

☒ Operational (LOS) ☐ Design (L_A, L_D, or N) ☐ Planning (LOS) ☐ Planning (L_A, L_D, or N)

Inputs

Upstream Adjacent Ramp

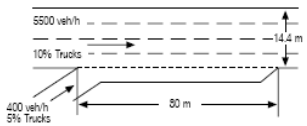
☐ Yes ☐ On

☒ No ☐ Off

L_{up} = _____ m

V_u = _____ veh/h

Terrain: Level



S_{FF} = 100 km/h S_{FR} = 50 km/h

Sketch (show lanes, L_A, L_D, v_R, v_F)

Downstream Adjacent Ramp

☒ Yes ☐ On

☐ No ☒ Off

L_{down} = 400 m

V_D = 600 veh/h

Conversion to pc/h Under Base Conditions

(pc/h)	AADT (veh/day)	K	D	V (veh/h)	PHF	% HV	f_{HV}	f_p	$v = \frac{V}{PHF\ f_{HV}\ f_p}$
v_F				5500	0.90	10	0.952	1.000	6419
v_R				400	0.90	5	0.976	1.000	455
v_U				-	-	-	-	-	-
v_D				600	0.90	10	0.952	1.000	700

Merge Areas

Estimation of v_{12}

$v_{12} = v_F * P_{FM}$

L_{EQ} = _____ (Equation 25-2 or 25-3)

P_{FM} = 0.255 using Equation 4 (Exhibit 25-5)

v_{12} = 1637 pc/h

Capacity Checks

	Actual	Maximum	LOS F?
v_{FO}	6874	See Exhibit 25-7	No
v_{R12}	2092	4600: All	No

Level-of-Service Determination (if not F)

$D_R = 3.402 + 0.00456\ v_R + 0.0048\ v_{12} - 0.01278\ L_A$

D_R = 12.3 pc/km/ln

LOS = C (Exhibit 25-4)

Speed Estimation

M_s = 0.337 (Exhibit 25-19)

S_R = 88.9 km/h (Exhibit 25-19)

S_O = 88.6 km/h (Exhibit 25-19)

S = 88.7 km/h (Equation 25-14)

Diverge Areas

Estimation of v_{12}

$v_{12} = v_R + (v_F - v_R)P_{FD}$

L_{EQ} = _____ (Equation 25-8 or 25-9)

P_{FD} = _____ using Equation _____ (Exhibit 25-12)

v_{12} = _____ pc/h

Capacity Checks

	Actual	Maximum	LOS F?
$v_{FI} = v_F$		See Exhibit 25-14	
v_{12}		4400: All	
$v_{FO} = v_F - v_R$		See Exhibit 25-14	
v_R		See Exhibit 25-3	

Level-of-Service Determination (if not F)

$D_R = 2.642 + 0.0053\ v_{12} - 0.0183\ L_D$

D_R = _____ pc/km/ln

LOS = _____ (Exhibit 25-4)

Speed Estimation

D_s = _____ (Exhibit 25-19)

S_R = _____ km/h (Exhibit 25-19)

S_O = _____ km/h (Exhibit 25-19)

S = _____ km/h (Equation 25-15)

EXAMPLE PROBLEM 3 (PART II)

The Ramp An on-ramp and off-ramp (single-lane) pair, 400 m apart, to an eight-lane freeway. The length of acceleration and deceleration lanes is 80 m.

The Question What is the LOS of the off-ramp diverge influence area during the peak hour?

Additional Facts

- √ 10 percent trucks on off-ramp,
- √ FFS = 40 km/h for off-ramp, and
- √ Off-ramp volume = 600 veh/h.

Comments

- √ Use Chapter 23, "Basic Freeway Segments," to identify f_{HV} and f_p.
- √ Volume for freeway = 5,500 + 400 = 5,900 veh/h
- √ % trucks on freeway = $\frac{5,500(10)+400(5)}{5,900} = 9.7\%$

Outline of Solution All input parameters are known; thus no default values are required. Demand volumes will be converted to flow rates. Capacity will then be checked. The density in the diverge influence area will be calculated and LOS determined.

Steps

1.	Convert volume (veh/h) to flow rate (pc/h) (use Equation 25-1).	$v = \frac{V}{(PHF)(f_{HV})(f_p)}$ $v_F = \frac{5{,}900}{(0.90)(0.954)(1.000)} = 6{,}872$ pc/h $v_{R2} = \frac{600}{(0.90)(0.952)(1.000)} = 700$ pc/h
1a.	Determine f_{HV} (use Chapter 23).	f_{HV} (fwy) $= \frac{1}{1 + 0.097(1.5 - 1)} = 0.954$ f_{HV} (off-ramp) $= \frac{1}{1 + 0.10(1.5 - 1)} = 0.952$
2.	Compute v_{12} (use Exhibit 25-12, $P_{FD} = 0.436$).	$v_{12} = v_R + (v_F - v_R)P_{FD}$ $v_{12} = 700 + (6{,}872 - 700)(0.436) = 3{,}391$ pc/h
3.	Check capacity of upstream segment (Exhibit 25-14 shows 9,200 pc/h).	$v_F = 6{,}872$ pc/h
4.	Check maximum flow entering diverge influence area (Exhibit 25-14 shows 4,400 pc/h).	$v_{12} = 3{,}391$ pc/h
5.	Check capacity of downstream segment (Exhibit 25-14 shows 9,200 pc/h).	$v_{FO} = 6{,}872 - 700 = 6{,}172$ pc/h
6.	Check capacity of off-ramp (use Exhibit 25-3, 1,900 pc/h).	$v_{R2} = 700$ pc/h
7.	Compute density (use Equation 25-10).	$D_R = 2.642 + 0.0053v_{12} - 0.0183L_D$ $D_R = 2.642 + 0.0053(3391) - 0.0183(80)$ $D_R = 19.2$ pc/km/ln
8.	Compute speeds as supplemental information (use Exhibit 25-19 and Equations 25-13 and 25-15).	$S_R = S_{FF} - (S_{FF} - 67)D_s$ $D_s = 0.883 + 0.00009(700) - 0.008(40) = 0.626$ $S_R = 100 - (100 - 67)(0.626) = 79.3$ km/h $v_{OA} = (v_F - v_{12})/N_O = (6{,}872 - 3{,}391)/2 = 1{,}741$ pc/h $S_O = 1.06S_{FF} - 0.0062(v_{OA} - 1000)$ $S_O = 1.06(100) - 0.0062(1741 - 1000) = 101.4$ km/h $S = \frac{3391 + 1741(2)}{\left(\frac{3391}{79.3}\right) + \left(\frac{1741 * 2}{101.4}\right)} = 89.1$ km/h
9.	Determine LOS (use Exhibit 25-4).	LOS D

The Results The off-ramp diverge influence area will provide LOS D with a diverge influence area speed of 79 km/h, system speed of 89 km/h, and density of 19.2 pc/km/ln.