منشآت الطرق السريعة (الحرة) :Freeway Facilities

مقدمة:

الطريق السريع هو طريق معزول مع تحكم كلي بالوصول إليه، ويتكون كحد أدنى من حارتي مرور لكل اتجاه. يتكون الطريق السريع من العديد من القطاعات المتجانسة التي يمكن تحليلها بهدف تحديد السعة ومستوى الخدمة (LOS). تقسم هذه القطاعات إلى ثلاثة أنواع:

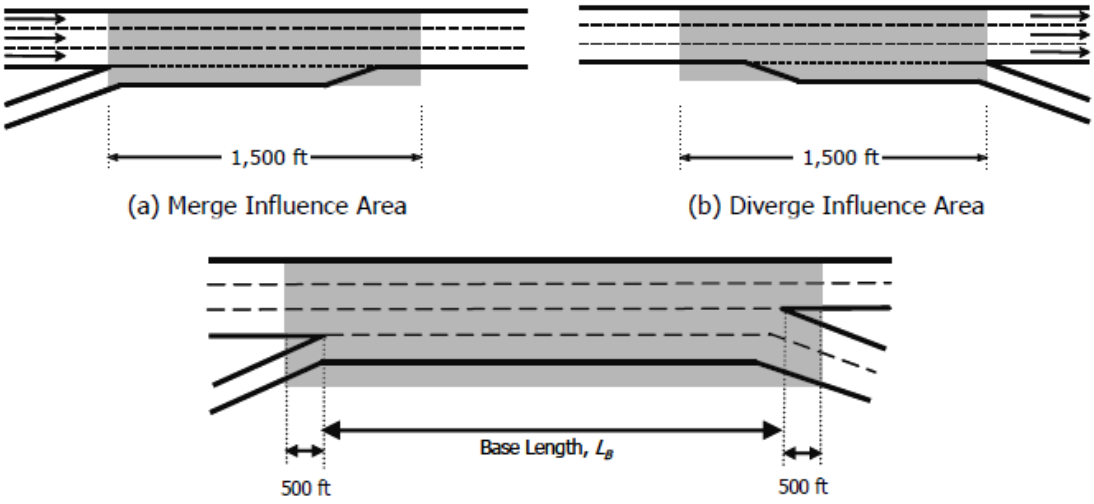
- قطاعات الاندماج والافتراق *Freeway merge and diverge segments*
- قطاعات التماوج (التشابك)*Freeway weaving segments*
- قطاعات الحركة الأساسية *Basic freeway segments*

القطاعات ومناطق التأثير:

من المهم أن يكون تعريف قطاعات الحركة السريعة ومناطق تأثيرها واضح تماما.

- قطاع التماوج :عبارة عن الطول الأساسي لقطاع التماوج مضافاً إليه 500 ft(150 م) في بداية ونهاية القطاع (تؤخذان من كل من نقطة الدخول ونقطة الخروج للقطاع)،
- قطاع الاندماج: تؤخذ اعتبارا من نقطة التقاء نهايتي الحارتين المندمجتين مسافة 1500 ft (450 م) إلى الأمام باتجاه الحركة ،
- قطاع الافتراق : تؤخذ اعتبارا من نقطة التقاء نهايتي الحارتين المندمجتين مسافة 1500 ft (450 م) إلى الخلف بعكس اتجاه الحركة، تحدد نهايات الحارات عادة باستخدام الطلاء الطرقي (علامات الطريق).

يوضح الشكل .... القطاعات السابقة.



(a) Merge Influence Area (b) Diverge Influence Area

(c) Weaving Influence Area

تعتبر **كقطاعات حركة أساسية** كافة القطاعات على الطريق السريع والتي لا تقع ضمن مناطق تأثير القطاعات المذكورة أعلاه.

ونجد أيضا قطاعات الحركة الأساسية على الطرق السريعة ضمن المدن وذلك بالرغم من وجود رامبات الدخول والخروج بتباعدات قليلة على هذه الطرق، ويوضح الشكل .... كيفية تحديد القطاعات الأساسية على الطرق المدينية السريعة (وتكون أطوال القطاعات الأساسية منخفضة نسبيا ولكنها تعامل وفق منهجية التحليل للقطاعات الأساسية).

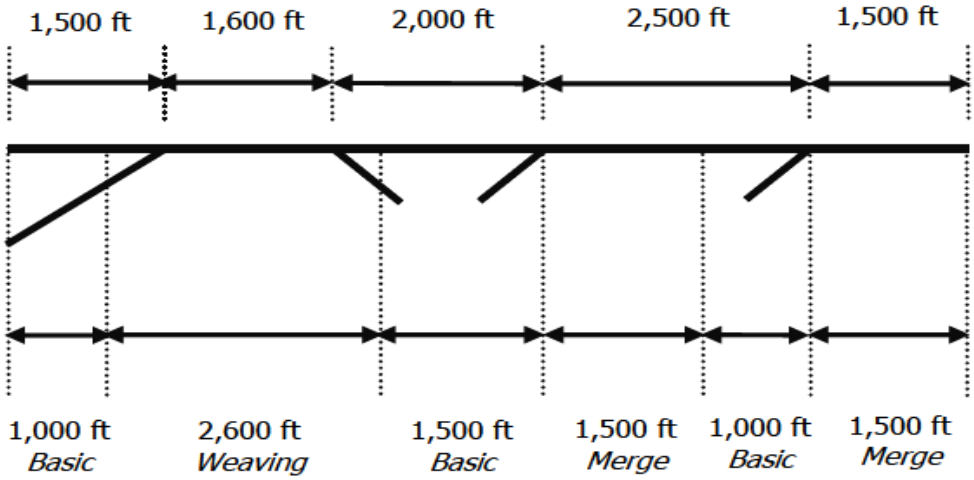


Exhibit 10-2
Basic Freeway Segments on an Urban Freeway

سرعة الجريان الحر FFS :

تعرّف سرعة الجريان الحر بشكل دقيق من اجل كثافة ومعدل غزارة ضمن القطاع المدروس تساويان الصفر، وتظهر مخططات الغزارة–السرعة أن سرعة الجريان الحر تكون محققة من أجل غزارة بين 0–

1000 عربة حسابية في الساعة لحارة المرور، وتكون السرعة ضمن هذا المجال خارج التأثر بغزارة المرور، ويمكن قياس السرعة بشكل حقلي ضمن هذه الظروف. وفي حال عدم إمكانية القياس الحقلي توجد منهجية لتقدير سرعة الجريان الحر على القطاعات الأساسية. تتأثر سرعة الجريان الحر بثلاثة عوامل رئيسة هي:

- عرض الحارة المرورية،
- الجوانب الخالية من العوائق،
- الكثافة الكلية لعدد الرامبات.

وتعتبر كثافة الرامبات هي الأكثر تأثيرا على سرعة الجريان الحر، وتعرف بأنها وسطي عدد رامبات الدخول والخروج وعدد عقد الاندماج والافتراق ضمن مسافة ميل واحد، ويؤخذ من أجل قطاع بطول 6 ميل ، (3 ميل باتجاه الحركة و 3 ميل بعكس اتجاه الحركة للقطاع المحدد اعتبارا من منتصفه).

ويوضح الشكل ... كيفية تحديد كثافة الرامبات على قطاع بطول 6 ميل (5/6 = 0.83 ramp/mi).

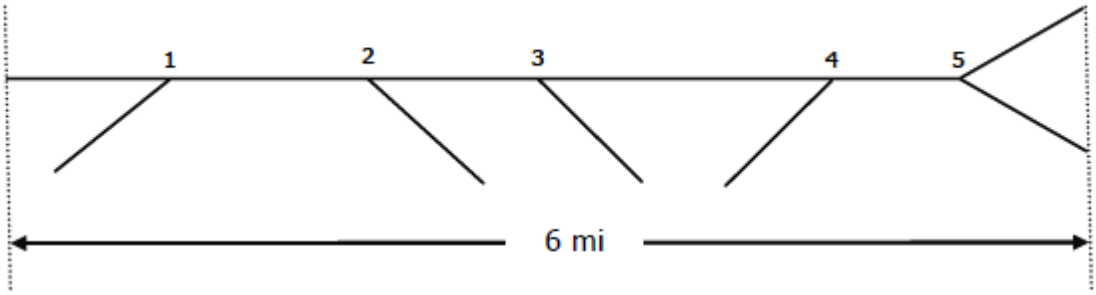


Exhibit 10-3
Ramp Density Determination

سعة منشآت الطرق السريعة:

تحدد السعة عادة لقطاعات من الطريق ذات ظروف موحدة طرقياً ومرورياً ومن ناحية التحكم بالحركة، عندما تتكون المنشأة من سلسلة من القطاعات المرتبطة ببعضها، يصبح مفهوم السعة أكثر تعقيدا.

مدخل توضيحي إلى سعة الطريق السريع:

باعتبار المثال الموضح على الشكل 4-10 الذي يبين خمسة قطاعات متتالية مطلوب تحليلها كمنشأة طريق سريع واحدة. معطى لدينا معدل غزارات الطلب vd، السعات c، ومعدلات الغزارة الفعلية va ، في حين أن الناتج هو vd/c and va/c.

يناقش المثال ثلاثة سيناريوهات:

في السيناريو 1، ليس هناك زيادة لأي من معدلات غزارة الطلب على السعات للقطاعات التي تتكون منها المنشأة. أيا من معدلات تدفق الطلب يفوق قدرات

في السيناريو 2 تمت إضافة 200 (veh/h) على الطلب لكل قطاع وفي هذه الحالة سيحصل فشل للقطاع 5 حيث ستزيد غزارة الطلب على السعة، وتختلف غزارة الطلب عن الغزارة الفعلية للقطاع حيث أن الغزارة الفعلية لا يمكن أن تزيد عن السعة.

في السيناريو 3 تمت إضافة 10% على غزارات الطلب التي ستزيد عن السعة للقطاعين 4 و 5 (مرة أخرى تتباين غزارة الطلب والغزارة الفعلية على هذه القطاعات).

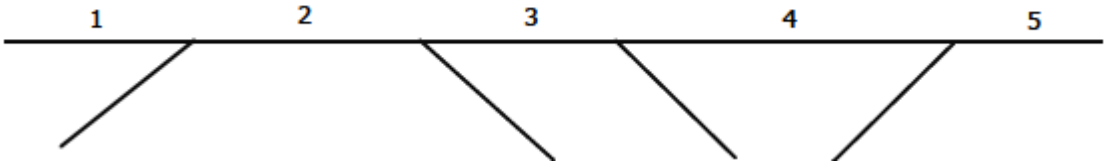


Exhibit 10-4
Example of the Effect of Segment Capacity on a Freeway Facility

Scenario	Performance Measures	Freeway Segment 1	2	3	4	5
Scenario 1 (stable flow)	Demand v_d, veh/h	3,400	3,500	3,400	4,200	4,400
	Capacity c, veh/h	4,000	4,000	4,500	4,500	4,500
	Volume v_a, veh/h	3,400	3,500	3,400	4,200	4,400
	v_d/c ratio	0.850	0.875	0.756	0.933	0.978
	v_a/c ratio	0.850	0.875	0.756	0.933	0.978
Scenario 2 (add 200 veh/h to each segment)	Demand v_d, veh/h	3,600	3,700	3,600	4,400	4,600
	Capacity c, veh/h	4,000	4,000	4,500	4,500	4,500
	Volume v_a, veh/h	3,600	3,700	3,600	4,400	4,500
	v_d/c ratio	0.900	0.925	0.800	0.978	1.022
	v_a/c ratio	0.900	0.925	0.800	0.978	1.000
Scenario 3 (increase demand by 10% in all segments)	Demand v_d, veh/h	3,740	3,850	3,740	4,840	5,060
	Capacity c, veh/h	4,000	4,000	4,500	4,500	4,500
	Volume v_a, veh/h	3,740	3,850	3,740	4,500	4,500
	v_d/c ratio	0.935	0.963	0.831	1.078	1.120
	v_a/c ratio	0.935	0.963	0.831	1.000	1.000

Note: Shaded cells indicate segments where demand exceeds capacity.

ويوضح هذا المثال عدد من النقاط التي تجعل من تحليل منشأة الطريق السريع معقدة جدا:

1. فمن الأهمية بمكان أن هذه المنهجية تسلط الضوء على الفرق بين معدل تدفق الطلب vd ومعدل التدفق الفعلي va وأن كلا من القيم التي ستكون وصفت بشكل واضح ومناسب.

2. في السيناريوهات 2 و 3، إن تحليل الشكل 4-10 غير كاف ومضلل. في السيناريو 2، عندما يفشل القطاع 5 ، يبدأ تشكل الأرتال وتنتشر للخلف. وهكذا، على الرغم من أن غزارة الطلب للقطاعات من 1 إلى 4 أقل من سعة تلك القطاعات، سيمتد الرتل مع الزمن ويؤثر على أداء هذه القطاعات.

في السيناريو3 تفشل القطاعات 4 و 5 ، ويتم تشكل أرتال العربات وامتدادها إلى الخلف،

3. يمكن القول أن تحليل السيناريو 1 يكفي لفهم تشغيل المنشأة طالما جميع القطاعات لم تتجلوز حد الإشباع (undersaturated أي النسبة vd/c هي أقل من أو يساوي 1.00).

ومع ذلك، عندما تتجاوز النسبة vd/c في أي قطاع النسبة 1.00، يمكن أن تحليل ملسط وتجاهل تأثير انتشار الفشل في المكان والزمان.

4. في السيناريوهات 2 و 3، ستتأثر القطاعات بعد القطاع 5 أيضاً حيث يتم منع تدفق الطلب من الوصول إلى تلك القطاعات بسبب الفشل والأرتال على القطاع 5 (والقطاع 4 في السيناريو 3) .

5. في هذا المثال، من المهم أيضا أن نلاحظ أن القطاعات التي يحصل فيها الفشل ليست القطاعات ذات السعة الأقل. القطاعان 1 و 2، مع السعات الأقل لا يحصل فيهما الفشل في أي من السيناريوهات السابق.

تعرف سعة الطريق السريع على النحو التالي:

سعة منشأة الطريق السريع هي سعة القطاع الحرج بين تلك القطاعات التي تشكّل منشأة محددة. لأغراض التحليل يجب مقارنة السعة مع معدل غزارة الطلب على القطاع الحرج. ويعرف القطاع الحرج بأنه القطاع الذي يحصل عليه الفشل أولاً .

السعة الأساسية لمنشأة الطريق السريع:

تحدد السعة الأساسية بفرض أنه لا توجد المركبات الثقيلة في تيار حركة المرور وأن جميع السائقين من المستخدمين المنتظمين للقطاع، وتتباين السعة الأساسية حسب سرعة الجريان الحر كما هو مبين في الجدول 10–5.

Free-Flow Speed (mi/h)	Base Capacity (pc/h/ln)
75	2,400
70	2,400
65	2,350
60	2,300
55	2,250

Exhibit 10-5
Free-Flow Speed vs. Base Capacity for Freeways

لتقدير سرعة الجريان الحر تستخدم المعادلة:

$$FFS = 75.4 - f_{LW} - f_{LC} - 3.22\ TRD^{0.84}$$

حيث:

FFS = free-flow speed (mi/h),
f_{LW} = adjustment for lane width (mi/h),
f_{LC} = adjustment for lateral clearance (mi/h), and
TRD = total ramp density (ramps/mi).

بما أن السعة الأساسية لقطاع الطريق السريع تتعلق مباشرة بسرعة الجريان الحر، من الممكن إنشاء علاقة بين السعة وعرض الحارة المرورية والجوانب الخالية وكثافة الرامبات على القطاع، إذا أخذنا القيمة الأساسية لحارة المرور والجوانب الخالية (12ft و 6ft)، نجد أن الشكل 10.6 يوضح العلاقة بين السعة وكثافة الرامبات. ويعبر عن السعة الأساسية كمعدل جريان من أجل فترة تحليل 15 min ، وهي تمثل معدل جريان بـ pc/h بدون عربات ثقيلة وسائقين على معرفة بخصائص القطاع المدروس.

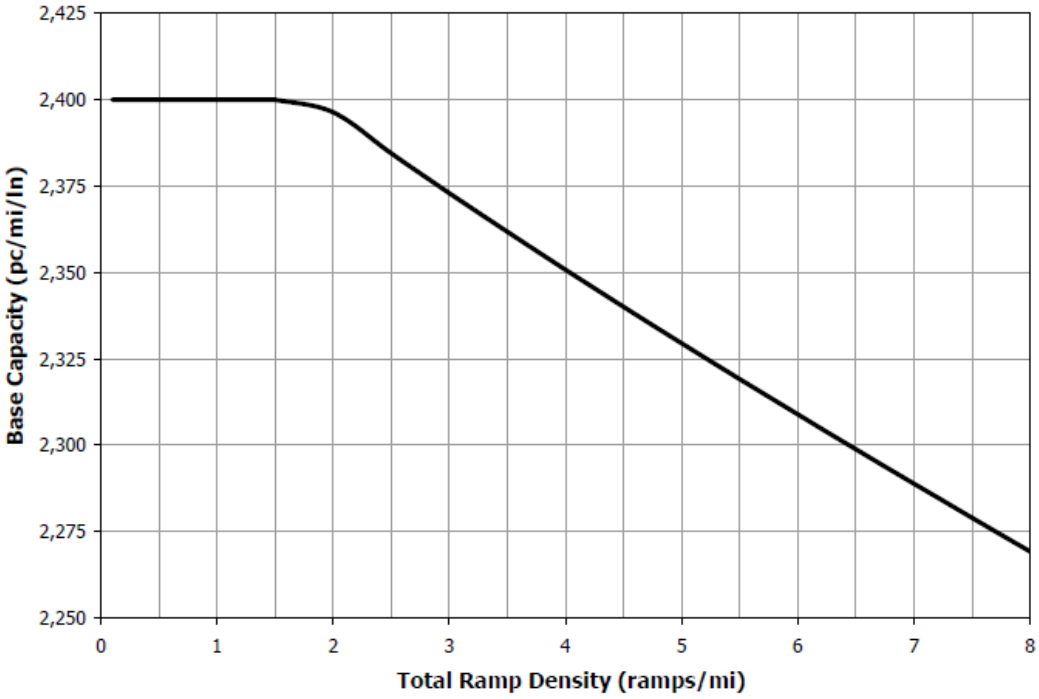


Exhibit 10-6
Base Capacity vs. Total Ramp Density

سعة القطاع بالنسبة لسعة المنشأة:

سرعة التدفق الحر هي سمة من سمات طريق بطول 6 ميل، 3 ميل باتجاه الأمام للحركة و 3 ميل باتجاه عكس الحركة، يمكن أن يكون القطاع قطاع أساسي، قطاع تماوج، وقطاع الدمج، أو قطاع افتراق، وهو في جوهره مقياس تأثير للمنشأة الكاملة على عملية التحليل المستقل لقطاع بطول 6 ميل.

إذا كانت الظروف (خاصة كثافة الرامبات) متماثلة على طول أكبر من الطريق السريع، يكون من المقبول حساب كثافة الرامبات لهذا الطول الأكبر من الطريق السريع. تكون سعة منشأة الطريق السريع متجانسة تقريبا، وهي نفس سعة قطاع الطريق الأساسي الذي له نفس خصائص الطريق وحركة المرور.

لنعتبر ما يلي:

قطاعات اندماج وافتراق لها نفس سعة قطاع الحركة الأساسي حيث أن وجود اندماج وافتراق على الطريق السريع قد تؤثر على خصائص التشغيل بشكل عام مثل تخفيض السرعة وزيادة الكثافة دون إنقاص السعة.

وهذا لا يعني أن سعة كل القطاعات هي نفسها وتبقى سعة منشأة الطريق السريع هي سعة القطاع الحرج.

مستوى الخدمة: القطاعات المركبة ومنشأة الطريق السريع

مستوى الخدمة للقطاعات المركبة

يعتبر مستوى الخدمة LOS F من أجل كافة أشكال القطاعات عندما تكون النسبة v_d/c أكبر من 1، وعندما يصل الرتل المتراكم من قطاع إلى القطاع السابق له، ويحدد هذا الشرط بناء على الكثافة وتعتبر قيمة الكثافة الأعظمية لقطاع الحركة الأساسي 45 pc/mi/ln ولكل من قطاعي الاندماج والافتراق 43 pc/mi/ln.

مستوى الخدمة LOS لمنشأة الطريق السريع:

يحد مستوى الخدمة للطريق السريع بناء على الكثافة، وذلك بعد تحديد الكثافة ومستوى الخدمة للقطاعات المكونة له، وتستخدم العلاقة التالية:

$$D_F = \frac{\sum_{i=1}^{n} D_i \times L_i \times N_i}{\sum_{i=1}^{n} L_i \times N_i}$$

حيث: D_F: معدل الكثافة للمنشأة (pc/mi/ln)

D_i: معدل الكثافة للقطاع i (pc/mi/ln)

L_i: طول للقطاع i (ft)

N_i: عدد الحارات للقطاع i

n : عدد القطاعات في المنشأة المدروسة<

ويحدد معيار مستوى الخدمة حسب الجدول التالي:

Level of Service	Density (pc/mi/ln)
A	≤11
B	>11–18
C	>18–26
D	>26–35
E	>35–45
F	>45 or any component v_d/c ratio > 1.00

معدل غزارة الخدمة، غزارات الخدمة وغزارات الخدمة اليومية لمنشأة الطريق السريع:

بما أنه لكل قطاع من منشأة الطريق السريع له مستوى خدمة له أيضاً معدلات غزارة الخدمة SF_i من أجل كل مستوى خدمة. معدل غزارة الخدمة هو معدل الغزارة الاتجاهي الأعظمي يمكن الحفاظ عليه ضمن مستوى خدمة معين، وتؤخذ عربة في الساعة ضمن الظروف المسيطرة. غزارة الخدمة SV_i هي الغزارة الساعية الاتجاهية الأعظمية التي يمكن الحفاظ عليها لقطاع معين دون انخفاض مستوى الخدمة LOS عن مستوى محدد خلال الـ15 دقيقة الأسوأ (ذات الكثافة الأعلى) ضمن الظروف المسيطرة.

$$SV_i = SF_i \times PHF$$

حيث: SV_i : غزارة الخدمة من أجل مستوى خدمة i LOS (veh/h)

SF_i : معدل غزارة الخدمة من أجل مستوى خدمة i LOS (veh/h)

PHF : معامل ساعة الذروة.

غزارة الخدمة اليومية $DSVi$ هي الغزارة اليومية الإجمالية لأعظمية على اتجاهي الحركة التي يمكن الحفاظ عليها لقطاع معين دون انخفاض مستوى الخدمة LOS عن مستوى محدد خلال الـ15 دقيقة الأسوأ (ذات الكثافة الأعلى) ضمن الظروف المسيطرة، وتحسب من العلاقة:

$$DSV_i = \frac{SV_i}{K \times D}$$

حيث: $DSVi$: غزارة الخدمة اليومية (veh/day)

K :النسبة من المرور اليومي التي تحصل في ساعة الذروة،

D : نسبة الغزارة على الاتجاه الأعظمي للحركة في ساعة الذروة.

الإدارة الفعالة لحركة المرور وإجراءات أخرى لتحسين الأداء :

ACTIVE TRAFFIC MANAGEMENT AND OTHER MEASURES TO IMPROVE PERFORMANCE

الإدارة الفعالة لحركة المرور(ATM) تتألف من الاستعراض الديناميكي والمستمر للتحكم بالتشغيل المروري للمنشأة لتحسين فعاليتها. من إجراءات (ATM) تشمل اعتماد تسعير للاختناق المروري، التحكم بالرامبات، الشاخصات متبدلة الرسائل، برنامج الاستجابة للأحداث، والتحكم بحدود السرعة.

Active traffic management consists of the dynamic and continuous monitoring and control of traffic operations on a facility to improve its performance. Examples of ATM measures include congestion pricing, ramp metering, changeable message signs, incident response programs, and speed harmonization (variable speed limits).

ATM measures can influence both the nature of demand for the facility and the ability of the facility to deliver the capacity tailored to serve the demand. ATM measures can improve facility performance, sometimes significantly. Other advanced design and management measures, not specifically included in the definition of ATM, can also significantly improve facility performance. These measures include auxiliary lanes, narrow lanes, high-occupancy vehicle (HOV) lanes, temporary use of shoulders, and designated truck lanes and ramps. This methodology does not reflect all these measures. However, ramp metering can be taken into account by altering on-ramp demands in accordance

with metering rates. Auxiliary lanes and narrow lanes are taken into account in the segment methodologies for basic freeway segments and weaving segments. Other measures are not accounted for in this methodology. Chapter 35 provides a more detailed discussion of ATM and other advanced design and management strategies and insight into how their impacts may be evaluated.