HIGHWAY ENGINEERING

GEOMETRIC DESIGN

1

* Geometric Design of Highways *
التصميم الهندسى للطرق

هو فرع هندسة الطرق الذى يهتم بتصميم الطرق من الناحية المعمارية حيث ← عرض الحارة وعدد الحارات
← المنحنيات الأفقية وانصاف أقطارها.
← المنحنيات الرأسية المقعرة والمحدبة
← القطاعات العرضية.
← مسافة الرؤية.

Contents →
- Cross Section.
- Sight distances.
- Vertical Alignment.
- Horizontal Alignment.
- Intersections.

◎ Factors Affecting Geometric Design
العوامل التى تؤثر على التصميم الهندسى

→ Capacity — سعة الطريق
→ Speed — السرعة
→ Traffic — المرور
→ Topography — طبوغرافية المكان

Geometric Design of Highways

التصميم الهندسى للطرق

أنواع الطرق

الطرق الحضرية Urban Roads

هى طرق داخل المدينه والسرعه عليها تكون بين 55 ← 65 كم/س

مثل ← شارع ابوقير

← شارع الكورنيش

* طريق حارتين
2 lanes
سير المركبات فى حارة واحدة لكل اتجاة

* متعدد الحارات
Multi-lanes
سير المركبات فى حارتين على الأقل لكل اتجاة

الطرق الخلوية Rural Roads

هى طرق خارج المدينه والسرعه عليها تكون 70 ← 80 كم/س

مثل ← الطريق الزراعى

← الطريق الصحراوى

* طريق حارتين
2 lanes

* متعدد الحارات
Multi-lanes

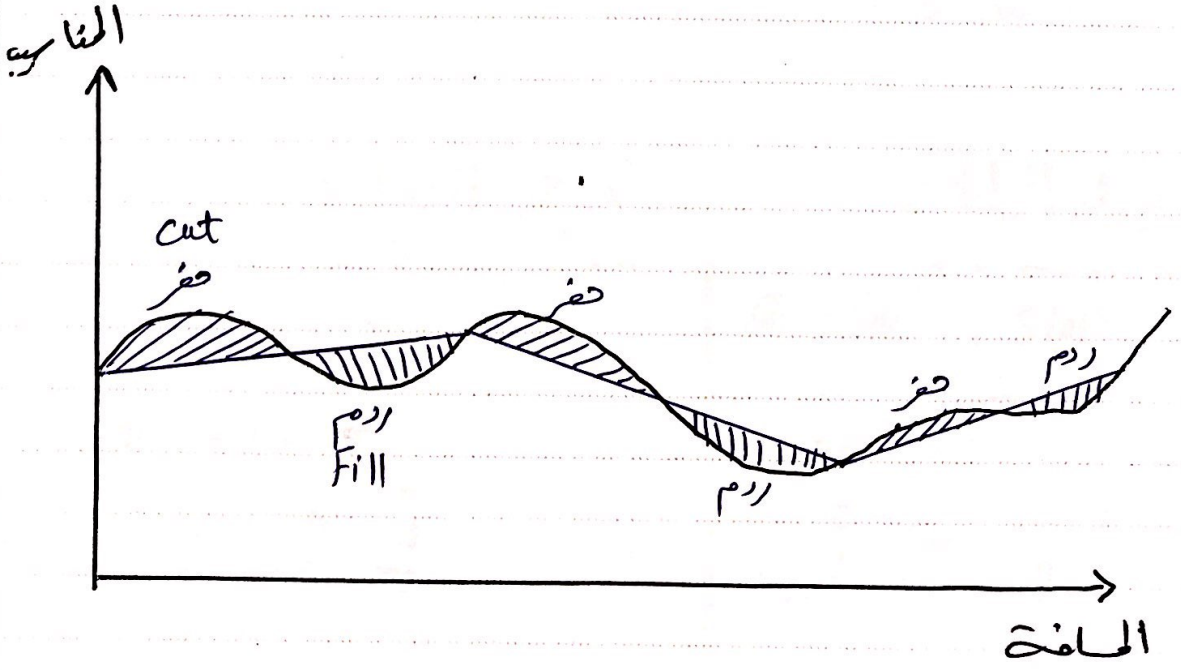
Road Cross-Section Elements

- → Travel lane — حارة المرور
- → Shoulder — الطبانات أو الأكتاف
- → Median — الجزر
- → Side Walk — رصيف المشاة
- → Cross Slopes — الميول
- → Road Side Barrier — حواجز
- → Curb — بردورة
- → Gutters — قنوات الطرق

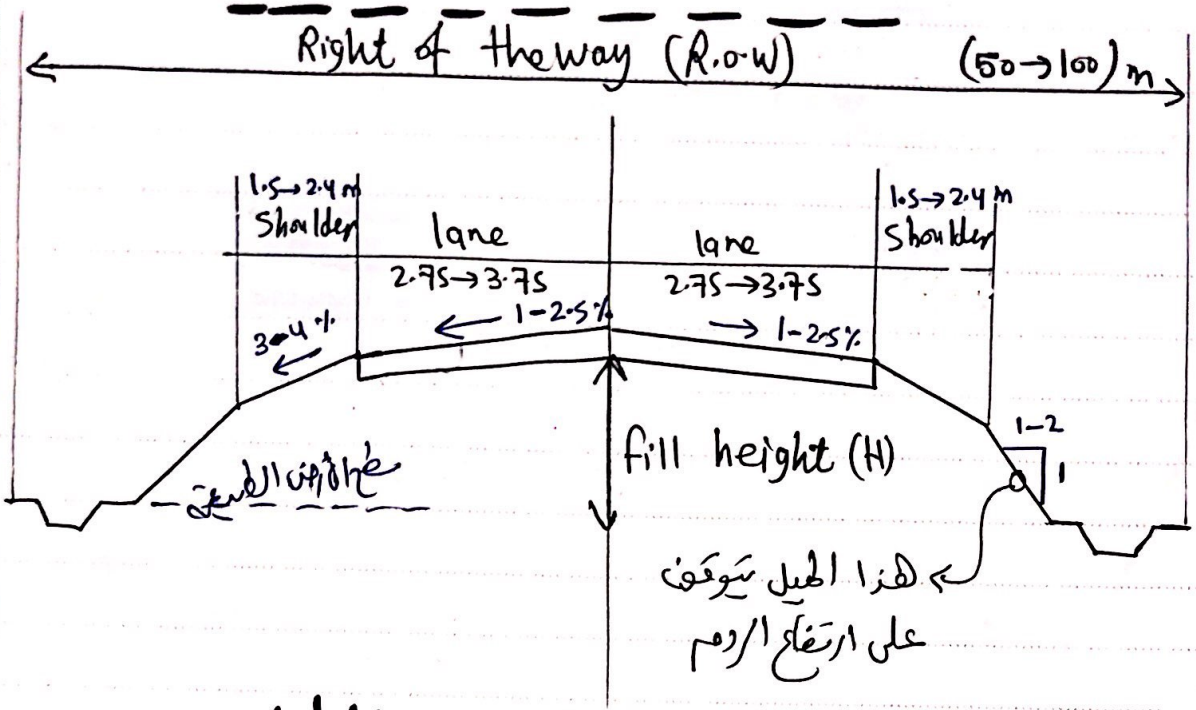
أولاً :- الطرق الخلوية Rural Roads

هي الطرق خارج المدينة ويتحدد شكلها حسب القطاع الطولي للطريق ويختلف القطاع على حسب

- منطقة حفر .
- منطقة ردم .
- مناطق حفر وردم .



* 2 lanes Rural in fill



فائدة ال Shoulder الطبان

* يستخدم لركن السيارات العاطلة أو الاستراحة
* تثبيت العلامات الإرشادية للطريق.
* تحسين مجال الرؤية على الطريق مما يقلل من الحوادث والأخطاء
* تثبيت حواف الرصف والمحافظة عليها من الانهيارات.

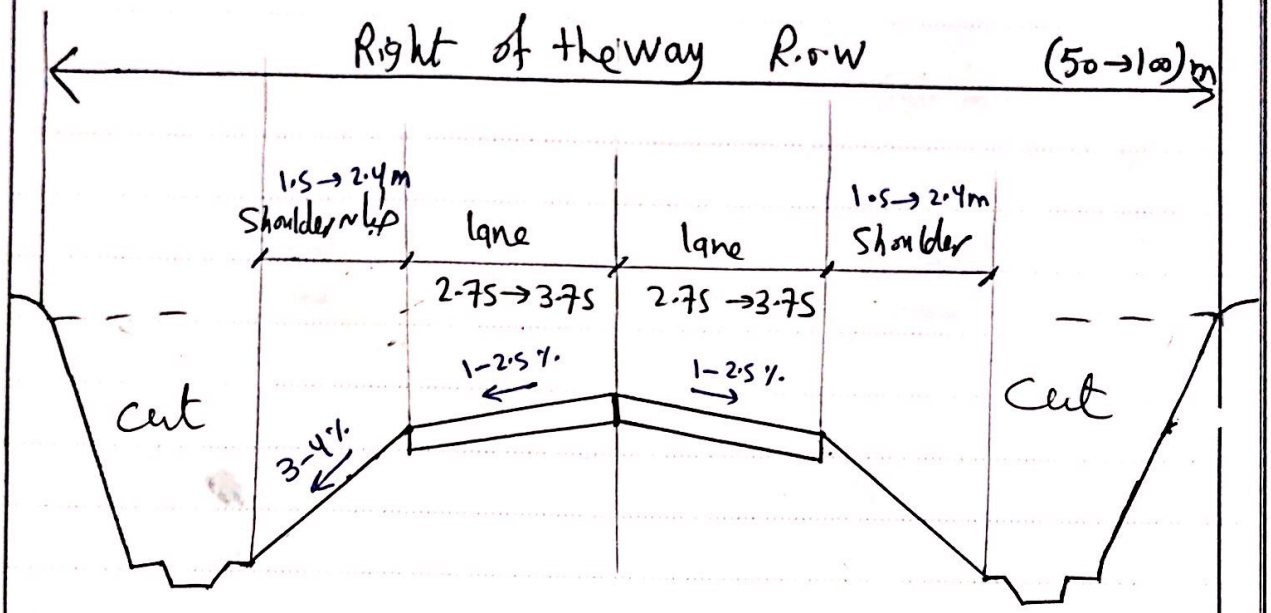
ميول الطبان

material	slope
Bitumen (paved) مغلفة	(3→4) %
Base Course الأساس	(4→6) %
Turf نجيلة	(8) %

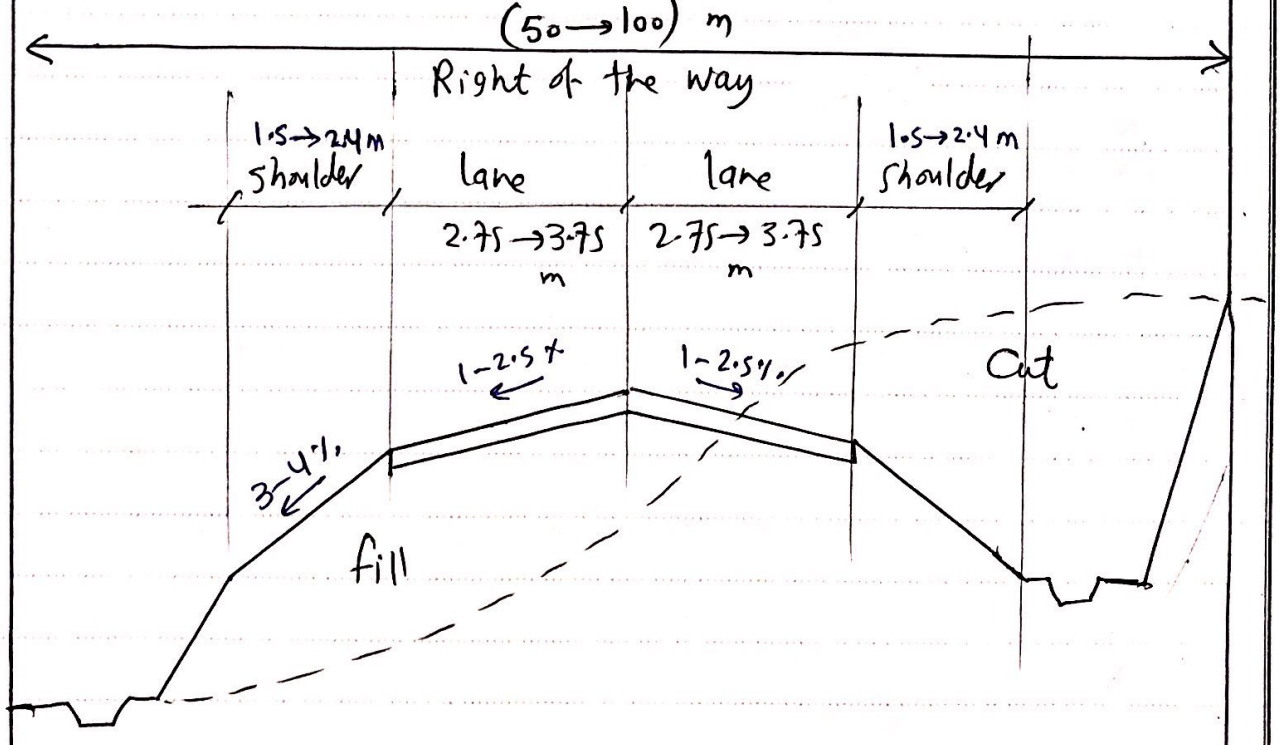
عرض الطبان

[2-lane]
1.5 → 2.4 m
[multi lane]
3 → 3.65 m

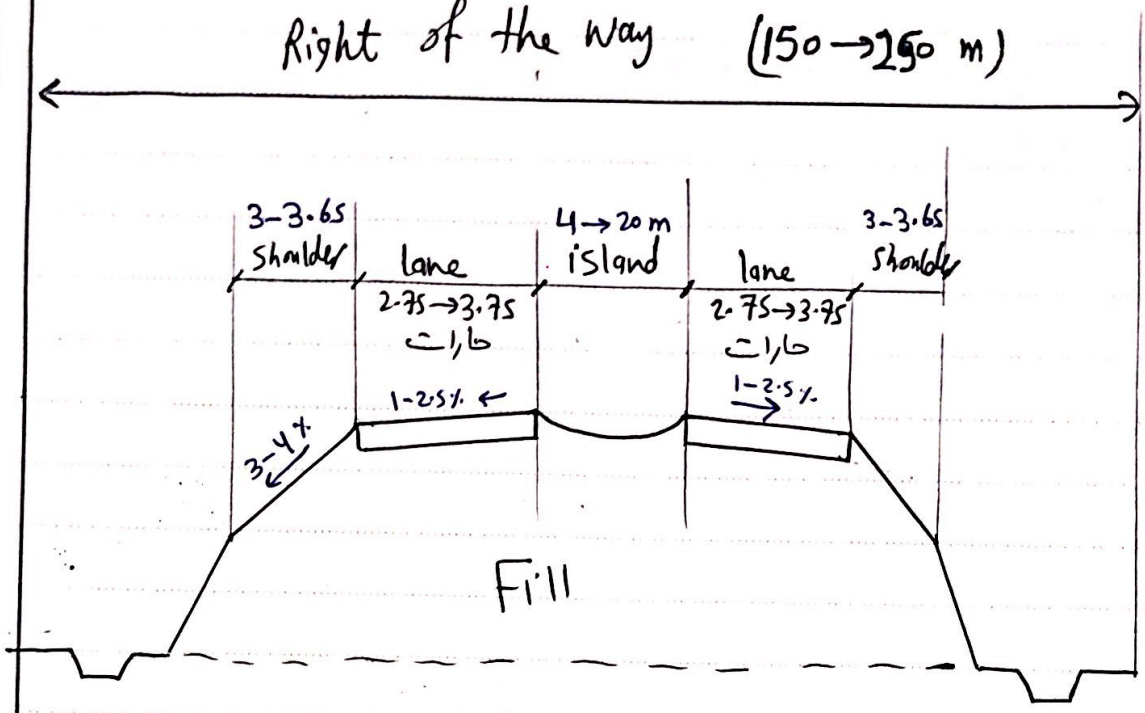
2-lanes Rural in Cut



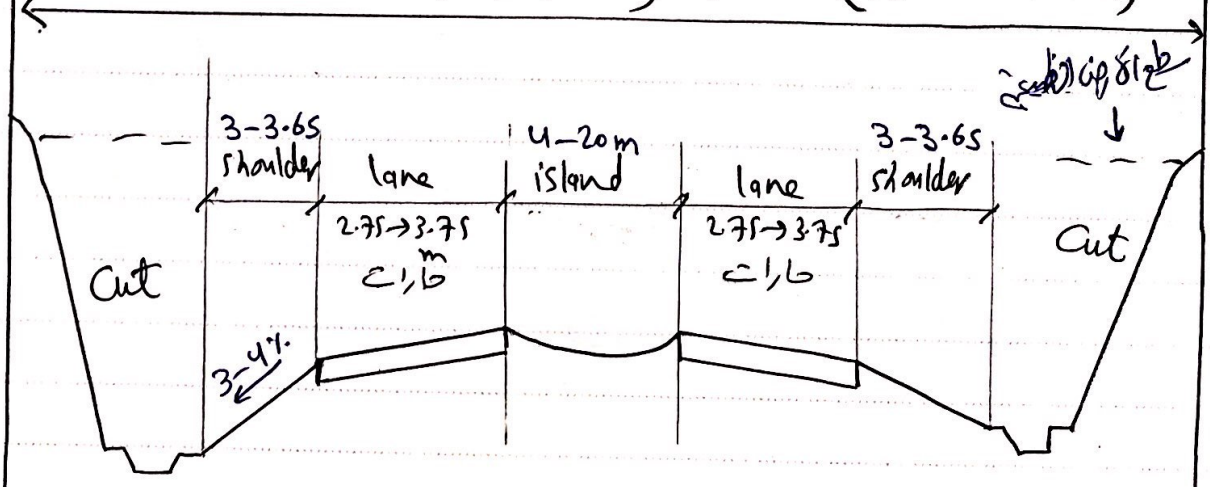
2-lanes Rural in Cut-fill



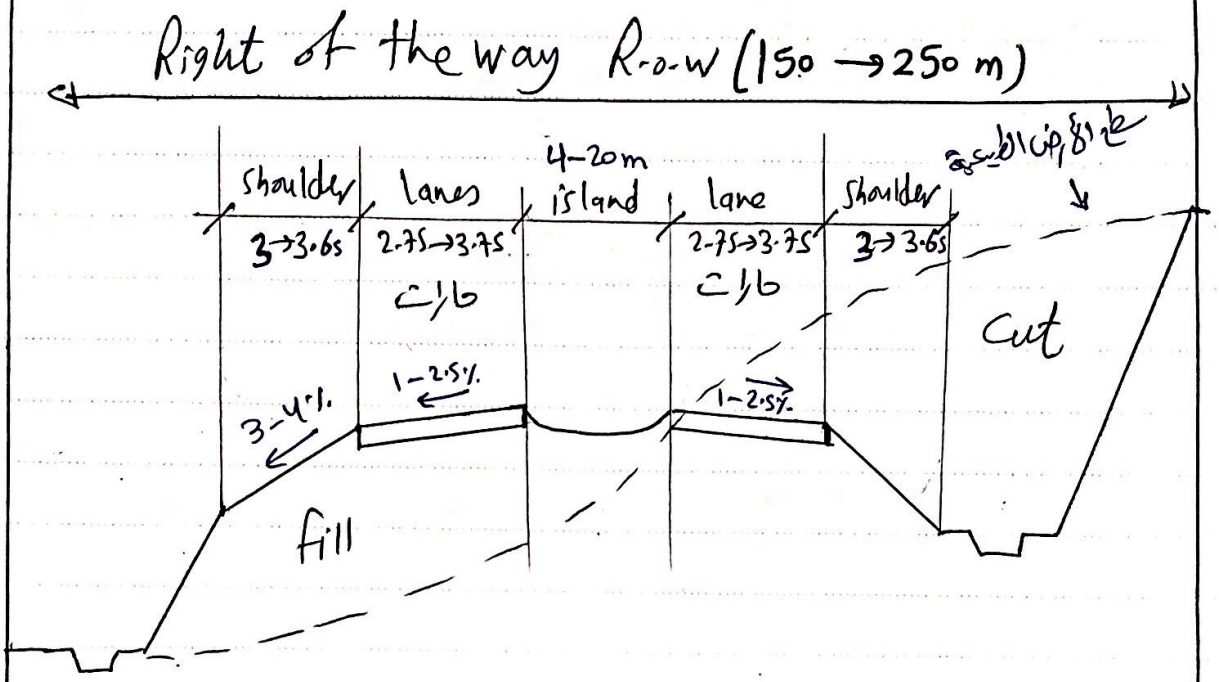
Multi-lanes Rural in fill



Multi-lanes Rural in Cut



Multi lanes Rural in Cut - fill



لاحظ

* عرض الحارة 2.75 ← 3.75

* وجود الـ Shoulder في الطرق الحارة المدورة

* الميل العرضي الحارة 1 ← 2.5 لتصريف المطر

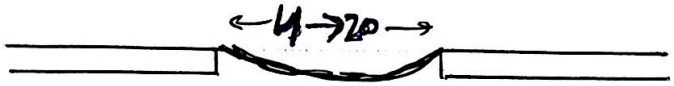
* الجزيرة 4→20 m

The island objective فائدة الجزيرة الوسطى

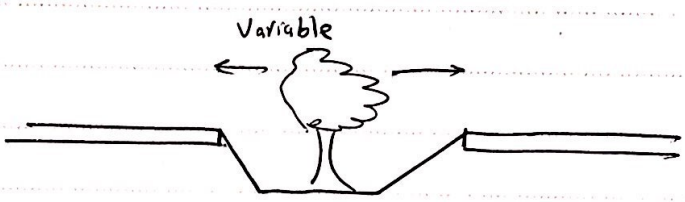
- تستخدم لرفع درجة الأمان من الطرق متعددة المسارات
- يتم زرع الجزيرة بأشجار وذلك لمنع حدوث حوادث ناشئة عن العمى الليلى .

islands Shapes أشكال الجزيرة الوسطى

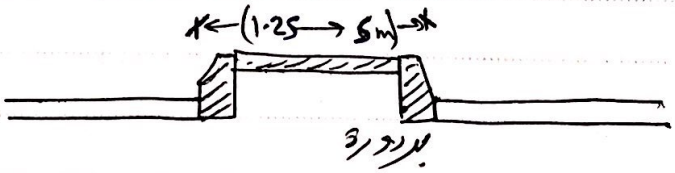
جزيرة منخفضة



خارج المدن



مرتفعة



فى الـ Urban Roads داخل المدن

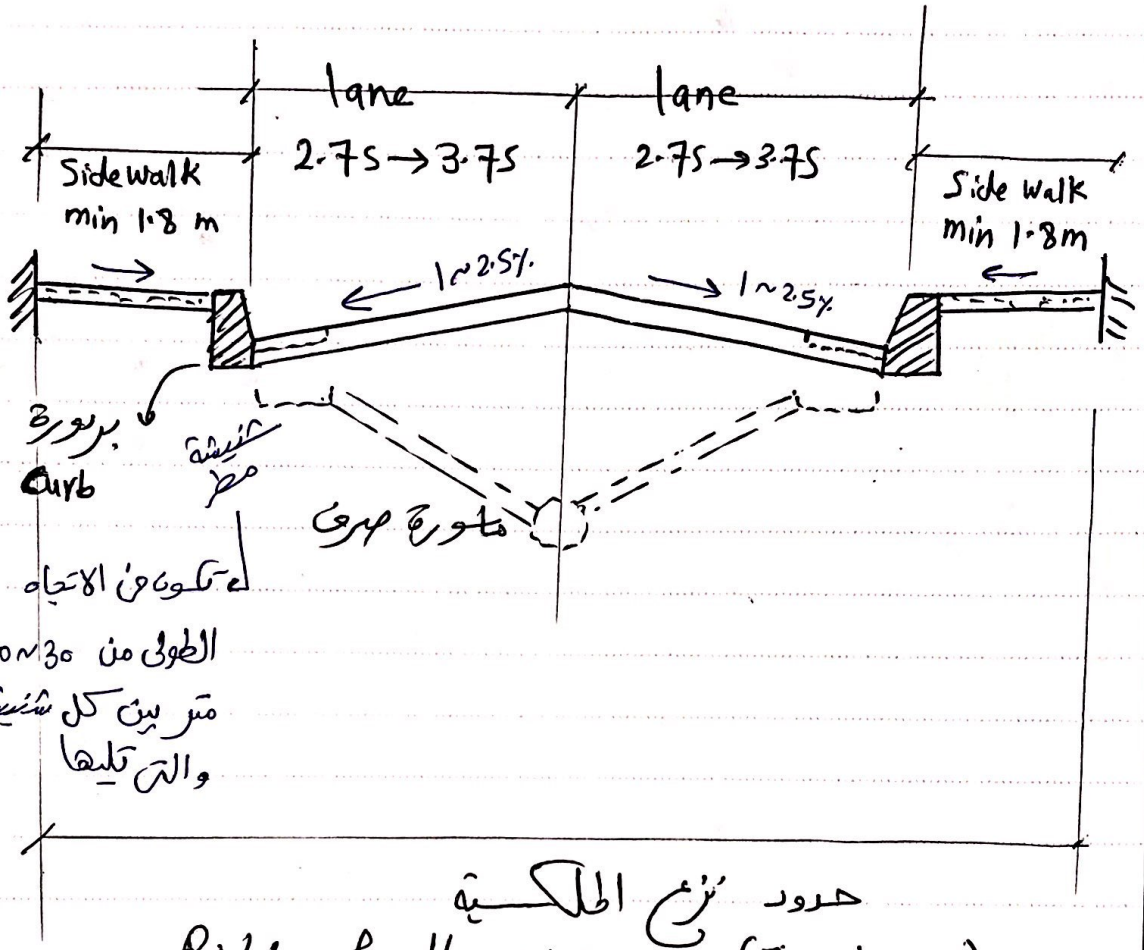
Right of the way حرم الطريق

50 → 100 m For 2 lane

150 → 250 m For multi lanes

ثانياً: الطرق الحضرية Urban Roads

هي الطرق داخل المدن وتتكون من حارات ورصيف مشاة بعرض 1.8 m على الأقل



حدود نزع الملكية
Right of the way (50→100 m)

*2-lane Urban Road

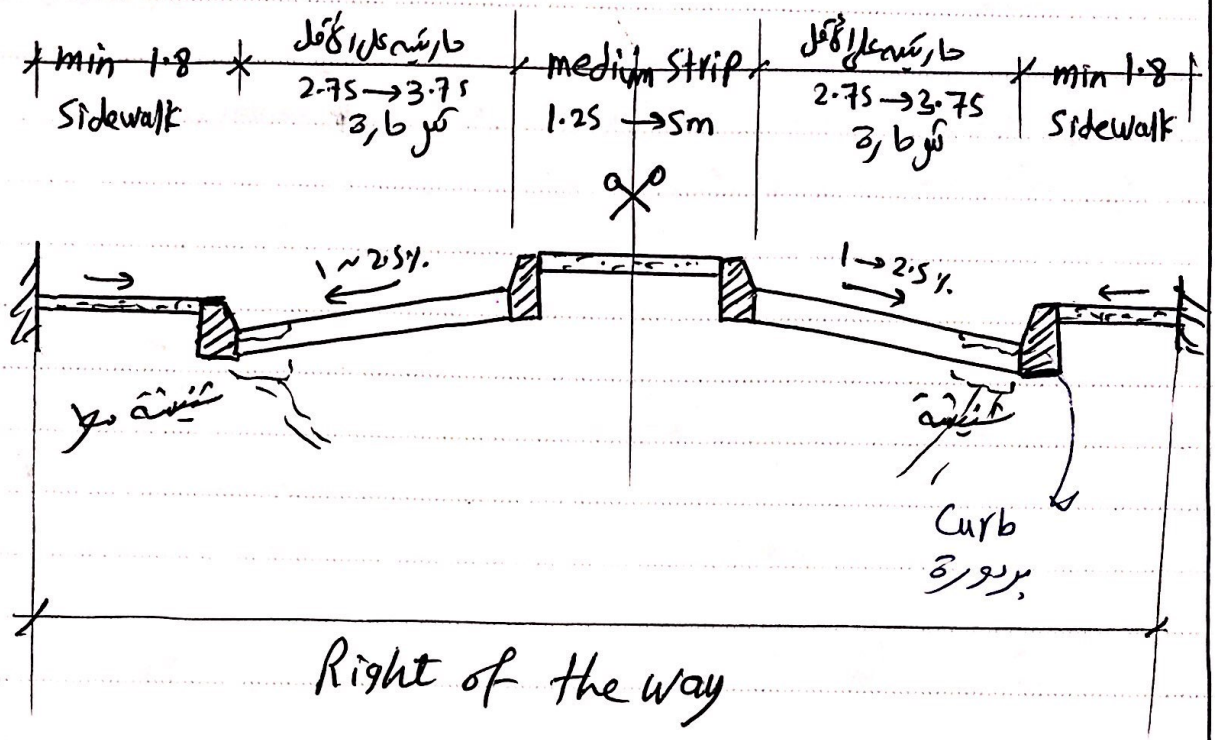
طريق داخل المدينة مكون من حارتين
- حارة ذهاب
- حارة عودة

عرض رصيف المشاة لا يقل عن 1.8 متر

* Multi lane - Urban Road

طريق داخل المدينة ومتعدد الحارات

(حارتين كل إتجاه على الأقل)



العوامل المؤثرة على التصميم الهندسي

⊛ Road Capacity سعة الطريق

هو عدد السيارات التي تمر عند نقطة معينة في زمن معين وليكن ١ ساعة

Passenger Car Pc

السيارات الملاكي فقط Pc

Vehicle Veh

تشمل السيارات الملاكي + عربات النقل trucks + الاتوبيسات (mix)

* أنواع سعة الطريق

* Basic Capacity السعة الأساسية
* Possible Capacity السعة المحتملة
* Practical Capacity السعة العملية
* Design Capacity السعة التصميمية

(A) Basic Capacity السعة الأساسية

النظرية

the max number of passenger cars (PC) that can pass a certain section of a road in one hour under the most ideal conditions for both road and traffic.

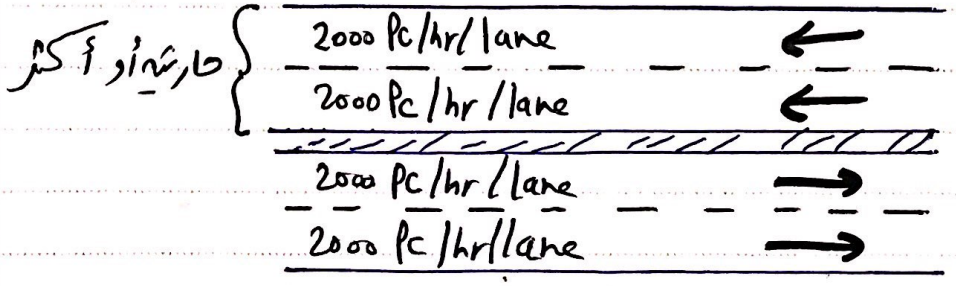
هي أقصى عدد سيارات الركوب التي تمر على نقطة ما من الطريق في خلال ساعة واحدة تحت الظروف المثالية للطريق والمرور

الظروف المثالية

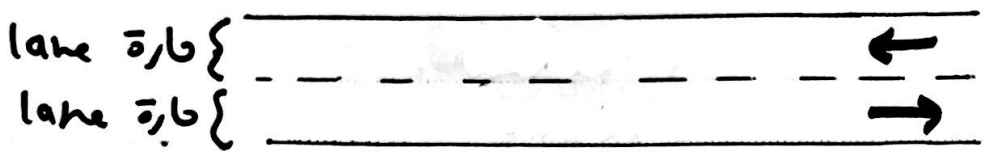
- السيارات هي سيارات ركوب فقط Pc
- جميع السيارات تسير بسرعة ثابتة
- عرض حارات المرور واسع كفاف والمسافة بين العوائق الجانبية وعرض الطريق لابد أن تكون ضمن الأبعاد القياسية المثالية.
- لا يوجد عيوب أو عوائق على مسافات الرؤية تقلل من السعة.
- حارتين على الأقل لكل اتجاه.

For Multi lanes 2000 Pc/hr/lane

حارتين أو أكثر



For 2-lanes 2000 Pc /hr/2 lanes



هام جداً في حالة الطريق الـ 2lanes الـ Basic Capacity للطريق تساوي 2000 سيارة خاصة للحارتين معاً مش شرط يكونوا بالتقسيم 1000 و 1000

(B) Possible Capacity السعة المحتملة أو الممكنة

It is the max. number of vehicles that can pass a certain section of a road in one hour under the possible conditions for both road and traffic

- هي أقصى عدد من المركبات التي يمكن أن تمر عند نقطة معينة على الطريق خلال ساعة تحت الظروف السائدة (الشائعة) (المحتملة) لكل من الطريق والمرور.

- السعة المحتملة أقل من السعة الأساسية وذلك لعدم توافر بعض الشروط الأساسية.

(C) Practical Capacity

السعة العملية

It is the max. number of Vehicles (Veh) that can pass a certain section of a road in one hour under the existing conditions for both road and traffic.

أقصى عدد من المركبات (الخليط) Veh. التي تمر عند نقطة معينة على الطريق خلال ساعة تحت الظروف الفعلية (المتواجدة فعلاً) لكل من الطريق والمرور

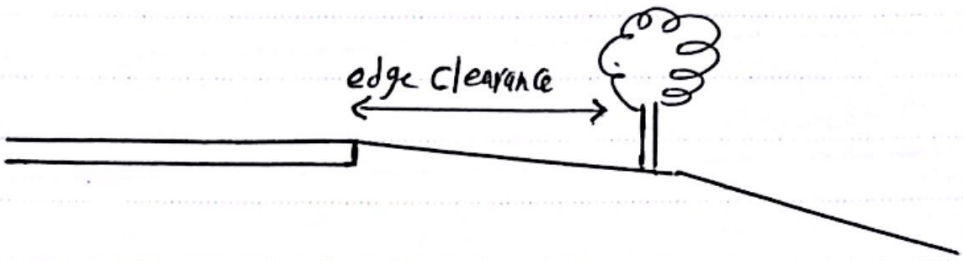
	Urban	Rural	
2 lane	1500	900	Pc /hr/ 2 lane
multi-lane	1500	1000	Pc /hr /lane

the above values are conducted under the following conditions (Ideal Conditions)

① the lane width is equal 3.75 m
② the edge clearance is not less than 450 m
③ the sight distance on the road is not less than 450 m
④ vehicles design speed → Urban Roads 55 → 65 km/hr
Rural Roads 70 → 80 km/hr
⑤ The terrain is level.
⑥ No commercial vehicles included in the traffic stream

← عرض الحارة لا يقل عن 3.75 متر

← مسافة الخلوص الجانبي (e) لا تقل عن 1.85 m



← مسافة الرؤية على الطريق لا تقل عن 450 متر

← السرعة التصميمية للطرق ←

Urban 55 → 65 km/hr

Rural 70 → 80 km/hr

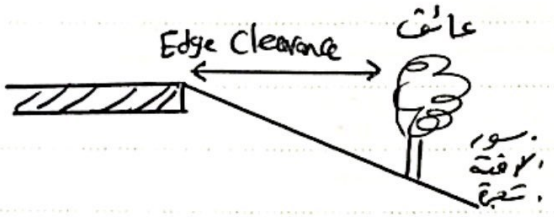
← المنطقة التي يمر بها الطريق هي منطقة مستوية.

← لا توجد وحدات سير نقل.

العوامل التي تؤثر على السعة العملية
Factors affecting Practical Capacity

① عرض حارة المرور المثالي هو 3.75 ولكن كلما قل العرض كلما قلت السعة العملية

② بعد العائق الجانبي



. كلما قل بعد العائق الجانبي عن 1.85 متر تقل السعة العملية

Table 1: Combined effect of both lane width and edge clearance on capacity

Clearance from pavement edge to obstruction (meters)	2-Lane							
	Obstruction on one side (lane width in meters)				Obstruction on both sides (lane width in meters)			
	3.75	*3.5*	*3.0*	*2.75*	*3.75*	*3.5*	*3.0*	*2.75*
1.85	100	86	77	70	100	86	77	70
1.5	96	83	74	68	92	79	71	65
0.5	91	78	70	64	81	70	63	57
0	85	73	66	60	70	60	54	49
	Multi-lane roads							
	Obstruction on one side (lane width in meters)				Obstruction on both sides (lane width in meters)			
	3.75	*3.5*	*3.0*	*2.75*	*3.75*	*3.5*	*3.0*	*2.75*
1.85	100	97	91	81	100	97	91	81
1.5	99	96	90	80	98	95	89	79
0.5	97	94	88	79	94	91	86	76
0	90	87	82	73	81	79	74	66

Table 2: Effect of commercial vehicle on practical capacity

Percent of Commercial Vehicle	Capacity as a percent of passenger car capacity			
	Level terrain		Rolling terrain	
	2-lane	Multi-lane	2-lane	Multi-lane
0	100	100	100	100
10	68	91	58	77
20	62	83	47	63

Table 3: Effect of passing sight distance restriction on practical capacity of 2-lane rural road

% of total length of highway on which sight distance is less than 450 m	Practical capacity, in passenger car per hour	
	Operating speed 70 - 80 km/hr.	Operating speed 80 - 90 km/hr.
0%	900	600
20%	860	560
40%	800	500
60%	720	420
80%	620	300
100%	500	160

وفي حالة عرض الحارة أقل من 3.75 أو الخلوص الجانبي أقل من 1.85 نحسب معامل تخفيض السعة من جدول رقم (1) في الـ DataSheet

Table 1: Combined effect of both lane width and edge clearance on capacity

Clearance from pavement edge to obstruction (meters)	2-Lane							
	Obstruction on one side (lane width in meters)				Obstruction on both sides (lane width in meters)			
	3.75	3.5	3.0	2.75	3.75	3.5	3.0	2.75
1.85	100	86	77	70	100	86	77	70
1.5	96	83	74	68	92	79	71	65
0.5	91	78	70	64	81	70	63	57
0	85	73	66	60	70	60	54	49
	Multi-lane roads							
	Obstruction on one side (lane width in meters)				Obstruction on both sides (lane width in meters)			
	3.75	3.5	3.0	2.75	3.75	3.5	3.0	2.75
1.85	100	97	91	81	100	97	91	81
1.5	99	96	90	80	98	95	89	79
0.5	97	94	88	79	94	91	86	76
0	90	87	82	73	81	79	74	66

(3) الطبانات Shoulders

يجب ان تكون الطبانات بعرض كافية لاستيعاب العربات العاطلة

(4) طبيعة الأرض

flat او level كلما كانت الأرض مستوية كلما كان ذلك أفضل للسعة

(5) المركبات التجارية Commercial Vehicles

- وجود المركبات التجارية يقلل من السعه العمليه للطريق حيث انها محسوبة لا Pc فقط ويوجد معاملات لتحويل المركبات التجارية إلى ماتكافئها من وحدات السير الخاصة
- في حالة نسبة الـ Trucks < ٪ 20

هكذا

Topography	2-lanes	multilaner
level	1T = 2.5 Pc	1T = 2 Pc
Rolling	1T = 5 Pc	1T = 4 Pc
mountainous	1T = 10 Pc	1T = 8 Pc

- في حالة نسبة الـ Trucks ≥ ٪ 20

Table 2: Effect of commercial vehicle on practical capacity

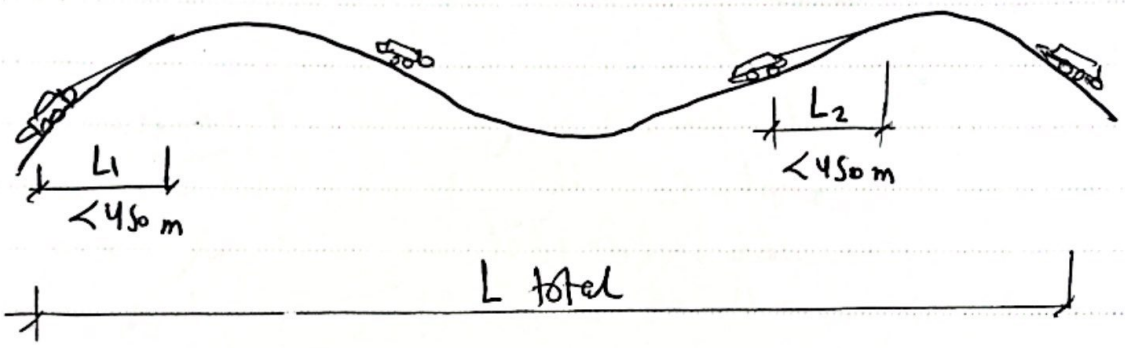
Percent of Commercial Vehicle	Capacity as a percent of passenger car capacity			
	Level terrain		Rolling terrain	
	2-lane	Multi-lane	2-lane	Multi-lane
0	100	100	100	100
10	68	91	58	77
20	62	83	47	63

(6) تأثير الميول Effect of grades

(7) تأثير التقاطعات Effect of Intersections

(B) مسافات الرؤية

- مسافات الرؤية للإيقاف Stopping sight distance يجب توافرها في كل أنواع الطرق وذلك لتفادي أي عائق مفاجئ في الأمام
- مسافة الرؤية للتخطي Passing sight distance يجب توافرها في الطرق الثنائية لأنها الأسوأ في عملية التخطي
- لحساب مسافات الرؤية الأقل من ٤٥٠ متر



$$\% \text{ Sight distance} < 450\,m = \frac{\sum L_1 + L_2 + \cdots}{L_{total}} \times 100$$

- تكون السعة أكبر ما يمكن عندما تكون نسبة مسافات الرؤية الأقل من ٤٥٠ متر = صفر ٪
- في حالة أن هناك مسافات رؤية على الطريق أقل من ٤٥٠ متر يكون معلوم نسبتها من طول الطريق نحسب السعة العملية مباشرة من جدول رقم (3) مع ملاحظة انك لا يستخدم الا مع الطرق من نوع

2lane Rural فقط

Table 3: Effect of passing sight distance restriction on practical capacity of 2-lane rural road

% of total length of highway on which sight distance is less than 450 m	Practical capacity, in passenger car per hour	
	Operating speed 70- 80 km/hr.	Operating speed 80- 90 km/hr.
0%	900	600
20%	860	560
40%	800	500
60%	720	420
80%	620	300
100%	500	160

← إذا كانت السرعة 80 استخدم العمود الأيسر

ملاحظات

* في حالة انه هناك سرعة تشغيل محددة للطريق الـ 2-lane الـ Rural وإذا كانت نسبة مسافة الرؤية الأقل من 450 متر = ٥٠ فإننا نحسب السعة العملية مباشرة من جدول رقم (3)

* في حالة أنه هناك عدة عوامل متغيرة فإننا نبدأ الحساب من جدول رقم (3) للطريق الـ 2-lane الـ Rural ونأخذ نوع آخر من القيم المحفوظة للسعة العملية ثم نضرب في معامل الجدول الأول * معامل الجدول الثاني

$$\text{Practical Capacity} = PC_o * F_1 * F_2$$

2lane Rural ← إما من جدول (3) ← أو القيم المحفوظة للأنواع الأخرى

F_1 ← معامل تخفيض عرض الحارة والحائط الجانبي

F_2 ← معامل تخفيض نوع الأرض ونسبة المركبات التجارية.

لاحظ • إذا لم يذكر شئ عن الأرض اعتبرها مستوية

• اى حاجة لم تُذكر ← تؤخذ الصياغية.

Design Capacity

* Design Capacity is the practical Capacity after Reduction.

1. For a two-lane highway with 3.5 m. lanes and for speeds 80 – 90 km/hr. Find. the practical capacities in the following situations:
   - If the roadway has no features that limit capacity.
   - If 20% of the roadway has sight distance less than 450m.
   - If obstructions are located within 1.5m on both sides.
   - If the terrain is rolling and 20% of the traffic is commercial vehicles. Given separately the number of passenger cars and trucks.

* Sol. *

① If the Road way has no features that limit capacity :-

(80→90) عرفت من السرعة [2lane Rural] الطريق هو

V = 80~90 km/hr
2lane Rural
0 % SD < 450 m
} table(3) P_{C_o} = 600 Pc/hr/2lanes

Table 3: Effect of passing sight distance restriction on practical capacity of 2-lane rural road

% of total length of highway on which sight distance is less than 450 m	Practical capacity, in passenger car per hour	
	Operating speed 70 - 80 km/hr.	Operating speed 80 - 90 km/hr.
0%	900	600
20%	860	560
40%	800	500
60%	720	420
80%	620	300
100%	500	160

lane width = 3.5 m
Edge Clearance = 1.85
} F_1 = 0.86

Table 1: Combined effect of both lane width and edge clearance on capacity

Clearance from pavement edge to obstruction (meters)	2-Lane							
	Obstruction on one side (lane width in meters)				Obstruction on both sides (lane width in meters)			
	3.75	*3.5*	*3.0*	*2.75*	*3.75*	*3.5*	*3.0*	*2.75*
1.85	100	86	77	70	100	86	77	70
1.5	96	83	74	68	92	79	71	65
0.5	91	78	70	64	81	70	63	57
0	85	73	66	60	70	60	54	49
	Multi-lane roads							
	Obstruction on one side (lane width in meters)				Obstruction on both sides (lane width in meters)			
	3.75	*3.5*	*3.0*	*2.75*	*3.75*	*3.5*	*3.0*	*2.75*
1.85	100	97	91	81	100	97	91	81
1.5	99	96	90	80	98	95	89	79
0.5	97	94	88	79	94	91	86	76
0	90	87	82	73	81	79	74	66

Practical Capacity = $P_{Co} * F_1$

= 600 * 0.86

= 516 Pc/hr/2-lane

F_2 لا توجد عوائق.

② if 20 % of the roadway has sight distance less than 450 m.

V = 80 ~ 90 km/hr
2 lane Rural
20 % SD < 450 m
} → table (3)

P_{Co} = 560 Pc/hr/2lanes

lane width = 3.5 m
Edge Clearance ⇒ 1.85
} table ① F_1 = 0.86

Practical Capacity = $P_{Co} * F_1$

= 560 * 0.86 = 481 Pc/hr/2lanes

(3) if obstructions are located within 1.5 m on both Sides.

V = 80 ~ 90 km/hr
2lanes Rural
0 % SD < 450 m
} table(3) P_{Co} = 600 pc/hr/2lanes

lane width = 3.5 m
edge clearance = 1.5 m both side
} table(1) → F_1 = 0.79

Practical Capacity = 600 * 0.79 = 474
pc/hr/2lanes

---

(4) if the terrain is rolling and 20% of the traffic is commercial Vehicles. Give separately the number of passenger cars and trucks.

V = 80 ~ 90 km/hr
2lane Rural
0 % SD < 450 m
} table(3) P_{Co} = 600 pc/hr/2lanes

lane width = 3.5 m
e = 1.85
} table ① F_1 = 0.86

20% trucks
Rolling terrain
} table(2) $F_2 = \boxed{0.47}$

Table 2: Effect of commercial vehicle on practical capacity

Percent of Commercial Vehicle	Capacity as a percent of passenger car capacity			
	Level terrain		Rolling terrain	
	2-lane	Multi-lane	2-lane	Multi-lane
0	100	100	100	100
10	68	91	58	77
20	62	83	47	63

Prac. Cap = $600 * 0.86 * 0.47 = \boxed{242}$ Veh/hr/2lanes

20% trucks

80% Passenger Cars

number of trucks
$= 0.2 * 242$
$= \boxed{48}$ truck/hr/2lanes

number of P.C
$= 0.8 * 242$
$= \boxed{194}$ pc/hr/2lanes

2. What is the practical capacity of a 2-lane highway designed for 70 -80 km/hr. Trucks make up 10% of total traffic. Other characteristics are :Lane width 3.5 m, with obstructions on both sides within 1.5 m of the roadway, rolling terrain, and sight distances less than 450m for 60 % of the total length. Given separately the number of passenger cars and trucks.

V = 70 → 80 km/hr
2 lane Rural
60 % SD < 450
} table (3) → P_{co} = (720) PC/hr/2lane

lane width = 3.5 m
e = 1.5 m both sides } table (1) F_1 = (0.79)

10 % trucks
Rolling } table (2) → F_2 = (0.58)

Practical capacity = 720 * 0.79 * 0.58 = 329
Veh/hr/2lanes

(number of trucks only) 10 %.
= 0.1 * 329 = 33 truck/hr/2lane

(number of Passenger Cars only) 90%
= 0.9 * 329 = 296 PC/hr/2lane

3. What is the practical capacity per hour in one direction and road for 6 lane Urban freeway in the following situations:

- If the roadway has no features that limit capacity.
- If obstructions are located within 1.0m on both sides.
- If the terrain is rolling and 15% of the traffic is commercial vehicles.

(1) If the Roadway has no features that limit Capacity.

multi lane (6lanes) . urban

$P_{Co} = 1500$ pc/hr/lane

$P_{Co} = 1500 * 6 = 9000$ pc/hr Road

$P_{Co} = 1500 * 3 = \boxed{4500}$ pc/hr/direction

(2) if obstruction are located within 1m on both sides

lane width = 3.75

Edge clearance = (1m) both

} table① → $F_1 = \frac{98+94}{2} = 0.96$

Road practical Capacity = $6 * [1500 * 0.96]$

$= 8640$ pc/hr Road

Direction practical capacity = $3 * [1500 * 0.96]$

$= 4320$ pc/hr/direction

③ if the terrain is rolling and 15% of the traffic is commercial vehicles.

15% trucks
Rolling terrain
} table ② → $F_2 = \frac{77+63}{2} = 0.70$

Road Prac-Cap. = $6 * 1500 * 0.7 = 6300$

X Pc/hr

trucks ∴ ✓ Veh/hr

Direction practical capacity

$= 3 * 1500 * 0.7 = 3150$ Veh/hr/direction