

Road User and Vehicle Characteristics

Surames Piriyaawat, Ph.D.
Department of Civil Engineering
Faculty of Engineering
Burapha University

The Human Sensory Process

The order of the senses most used by drivers are:

1. Visual (sight)
2. Kinesthetic (movement)
3. Vestibular (equilibrium)
4. Auditory (hearing)

Visual Characteristics of Drivers

Fields of vision:

- o Acute or clear vision cone: 3° to 10° around the line of sight; legend can be read only within this narrow field of vision
- o Fairly clear vision cone: 10° to 12° around the line of sight; color and shape can be identified in this field
- o Peripheral vision: up to 90° to the right and the left of the center line of the pupil, and up to 60° above and 70° below the line of sight

Visual Characteristics of Drivers

Fields of vision:

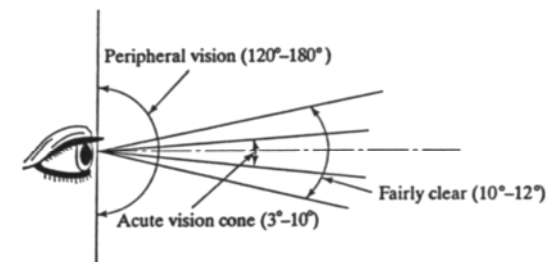


Figure 2.1: Illustration of Fields of Vision

Perception-Reaction Time (PRT) or PIEV Time

- Four distinct processes that the driver must perform during PRT:
 - Detection or Perception
 - Identification
 - Decision or Emotion
 - Response or Volition

- PRT or PIEV times vary from less than 0.5 sec to 3 sec or more

Expectancy

- Three different types of expectancies:
 - Continuity: experiences of the immediate past are generally expected to continue
 - Event: things that have not happened previously will not happen
 - Temporal: when events are cyclic, the longer a given state is observed, drivers will assume that it is more likely that a change will occur

Other Factors Affecting PRT

PRTs increase with a number of factors including:

- Age
- Fatigue
- Complexity of reaction
- Presence of alcohol and/or drugs in the driver's system

Reaction Distance

The reaction distance may be computed as:

$$d_r = 1.47St$$

where :

d_r = reaction distance, ft

S = initial speed of vehicle, mi / h

t = reaction time, s

Pedestrian Characteristics

ระยะทางเฉลี่ยที่คนเดินเท้าเต็มใจจะเดิน

สภาพทางเดิน	ระยะทางเฉลี่ยที่เต็มใจเดิน (m)	ระยะเวลา (minutes)
ทางเดินมีหลังคาคลุมตลอด	1,500	20
ทางเดินมีร่มเงา	750	10
ทางเดินไม่มีร่มเงา	375	5
ทางเดินมีสภาพแวดล้อมแออัดมาก	180	2

Walking speeds:

Table 2.2: 50th Percentile Walking Speeds for Pedestrians of Various Ages

Age (years)	50th Percentile Walking Speed (ft/s)	
	Males	Females
2	2.8	3.4
3	3.5	3.4
4	4.1	4.1
5	4.6	4.5
6	4.8	5.0
7	5.0	5.0
8	5.0	5.3
9	5.1	5.4
10	5.5	5.4
11	5.2	5.2
12	5.8	5.7
13	5.3	5.6
14	5.1	5.3
15	5.6	5.3
16	5.2	5.4
17	5.2	5.4
18	4.9	N/A
20-29	5.7	5.4
30-39	5.4	5.4
40-49	5.1	5.3
50-59	4.9	5.0
60+	4.1	4.1

(Compiled from Eubanks, J. and Hill, P., *Pedestrian Accident Reconstruction and Litigation*, 2nd Edition, Lawyers & Judges Publishing Co., Tucson, AZ, 1999.)

Table 2.3: Walking Speeds for Physically Impaired Pedestrians

Impairment/Assistive Device	Average Walking Speed (ft/s)
Cane/Crutch	2.62
Walker	2.07
Wheelchair	3.55
Immobilized Knee	3.50
Below-Knee Amputee	2.46
Above-Knee Amputee	1.97
Hip Arthritis	2.44-3.66
Rheumatoid Arthritis (Knee)	2.46

(Compiled from Perry, J., *Gait Analysis*, McGraw-Hill, New York, NY, 1992.)

Vehicle Characteristics

AASHTO classify vehicle into four main categories:

- o Passenger car: all passenger cars, SUVs, minivan, vans, and pickup trucks
- o Buses: intercity motor coaches, transit buses, school buses, and articulated buses
- o Trucks: single-unit trucks, tractor-trailer, and tractor-semi-trailer combination vehicle
- o Recreational vehicles: motor homes, cars with various types of trailers (boat, campers, motorcycle, etc.

Vehicle type and size:

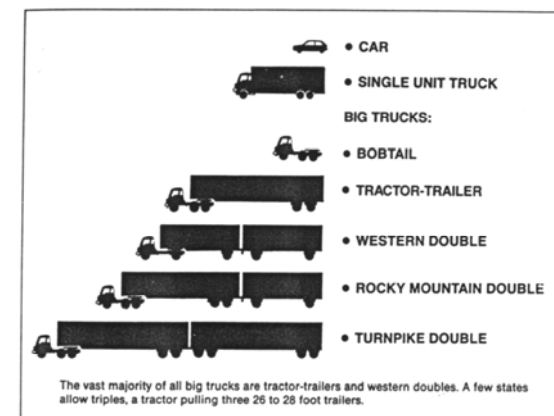


FIGURE 5-5 Various classes of vehicles that use U.S. highways. (Courtesy Insurance Institute for Highway Safety.)

ตารางที่ 3.2 ขนาดของขบวนรถประเภทต่าง ๆ ตามมาตรฐานของ AASHTO

ชนิดรถ	ความกว้าง (ม.)	ความยาวทั้งหมด (ม.)	ความสูง (ม.)	ระยะห่างเพลาน้ำ - หลัง (ม.)	รัศมีเลี้ยว (ม.)
รถยนต์นั่ง (P)	2.13	5.79	-	3.35	7.32
รถบรรทุก (SU)	2.59	9.14	4.11	6.10	12.80
รถโดยสาร (BUS)	2.59	12.19	4.11	7.62	12.80
รถกึ่งพ่วง (WB-40)	2.59	15.24	4.11	12.19	12.19
รถพ่วง (WB-50)	2.59	16.76	4.11	15.24	13.72
รถพ่วง (WB-60)	2.59	19.81	4.11	18.29	13.72

หมายเหตุ มิติเทียบจาก 1 ฟุต = 0.3048 เมตร

ตารางที่ 3.3 ขนาดของขบวนรถประเภทต่าง ๆ ตามมาตรฐานของญี่ปุ่น


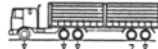
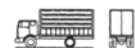





ชนิดรถ	ความกว้าง (ม.)	ความยาวทั้งหมด (ม.)	ความสูง (ม.)	ระยะห่างเพลาน้ำ - หลัง (ม.)	รัศมีเลี้ยว (ม.)
รถยนต์นั่ง (P)	1.7	4.7	2.0	2.7	6.0
รถบรรทุก (T)	2.5	12.0	3.8	6.5	12.0
รถพ่วง (ST)	2.5	16.5	3.8	13.0	12.0

ลักษณะของรถ

ลักษณะของรถ	ความยาวสูงสุด (เมตร)
รถระบบบรรทุก, รถบรรทุกคู่ตีบ, รถบรรทุกของเหลว, รถบรรทุกวัสดุอันตราย, รถลากจูง	10.0
รถพ่วง (ไม่มีแรงขับเคลื่อนในตัวเองและน้ำหนักลงบนเพลาล้อสมบูร์นในตัวเอง)	8.0
รถกึ่งพ่วง, รถกึ่งพ่วงขนวัสดุยาว (ไม่มีแรงขับเคลื่อนในตัวเอง น้ำหนักบรรทุกบางส่วนเฉลี่ยลงเพลาล้อของรถคั่นลากจูง)	12.50

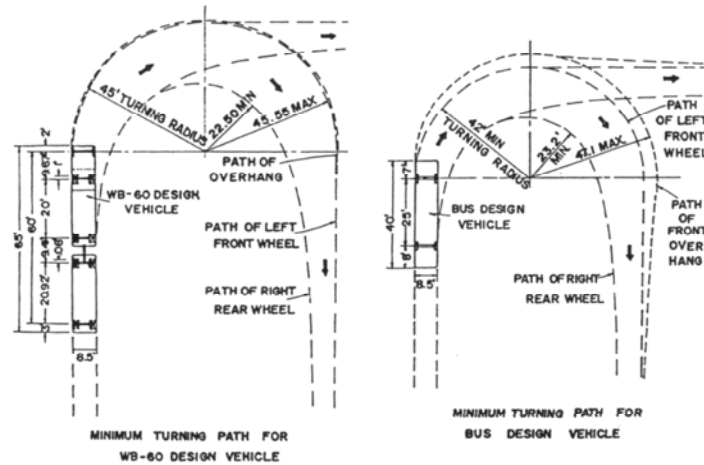
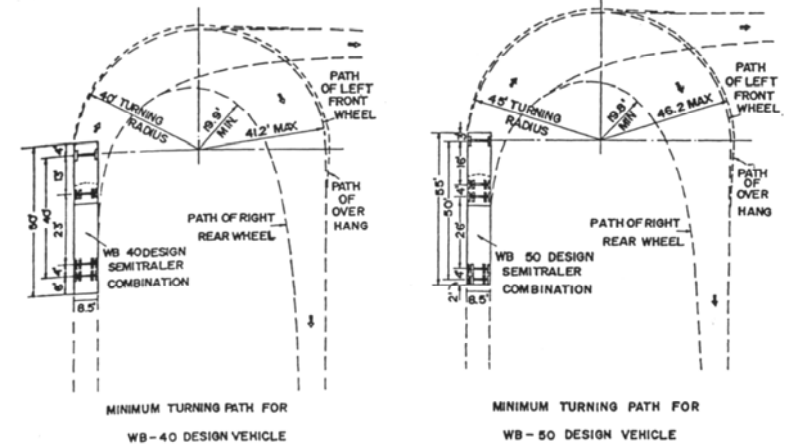
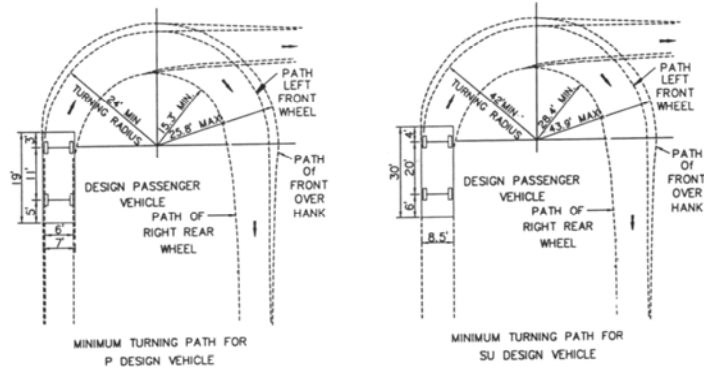
ประเภทรถ	ชนิดเพลาล้อ	น้ำหนักขบวนรถน้ำหนักบรรทุก (กก.)
รถยนต์บรรทุก 2 เพลาล้อ	ยางเดี่ยว	8,500
รถยนต์บรรทุก 2 เพลาล้อ	ยางคู่	12,000
รถยนต์บรรทุก 3 เพลาล้อ	ยางเดี่ยว เพลาล้อคู่	15,300
รถยนต์บรรทุก 3 เพลาล้อ	ยางคู่ เพลาล้อคู่	21,000
รถกึ่งพ่วง 1 เพลาล้อ	ยางเดี่ยว	6,800
รถกึ่งพ่วง 1 เพลาล้อ	ยางคู่	9,100
รถกึ่งพ่วง 2 เพลาล้อ	ยางเดี่ยว เพลาล้อคู่	12,200
รถกึ่งพ่วง 2 เพลาล้อ	ยางคู่ เพลาล้อคู่	16,400
รถพ่วง 2 เพลาล้อ	ยางเดี่ยว	13,600
รถพ่วง 2 เพลาล้อ	ยางคู่	18,200
รถลากจูงรวมรถกึ่งพ่วง	-	37,400 (สูงสุด)
รถลากจูงรวมรถพ่วง	-	39,200 (สูงสุด)

การกำหนดน้ำหนักบรรทุก
LIMITS OF AXLE AND GROSS WEIGHT OF VEHICLES

ประเภทรถ Vehicle type	น้ำหนักบรรทุกรวมน้ำหนักบรรทุก Gross weight	ประเภทรถ Vehicle type	น้ำหนักบรรทุกรวมน้ำหนักบรรทุก Gross weight
 1,700 (kg) 8,800 (kg)	8,500 (kg)	 4,800 (kg) 8,200 (kg) 8,200 (kg) 8,200 (kg)	37,400 (kg)
 2,200 (kg) 8,100 (kg)	12,000 (kg)	 4,800 (kg) 8,200 (kg) 8,200 (kg) 8,200 (kg)	37,400 (kg)
 4,800 (kg) 8,200 (kg) 8,200 (kg)	21,000 (kg)	 4,800 (kg) 8,200 (kg) 8,200 (kg) 8,200 (kg)	37,400 (kg)
 4,800 (kg) 8,200 (kg) 8,200 (kg) 8,200 (kg)	21,000 (kg)	 4,800 (kg) 8,200 (kg) 8,200 (kg) 8,200 (kg)	37,400 (kg)

สัญลักษณ์ Symbol ○ หนึ่งยางเดี่ยว Single tire ⊙ หนึ่งยางคู่ Dual tire

Concept of the design vehicle:



Critical vehicle properties that must be accounted for in the design of roadways and traffic controls:

- o Breaking and deceleration
- o Acceleration
- o Low-speed turning characteristics
- o High-speed turning characteristics

Turning Characteristics of Vehicles

- Low-speed turns (≤ 10 mi/h):
minimum turning radii range from 24.0 ft for a passenger car to a high of 60.0 ft for the WB-109D double tractor-trailer combination vehicle

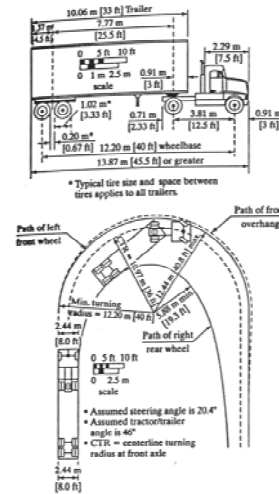


Figure 2.14: Low-Speed Turning Template for WB-40 Combination Vehicles (Used with permission of American Association of State Highway and Transportation Officials, *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*, 4th Edition, 2001, Washington DC, Exhibit 2-13, pg. 31.)

- High-speed turns (> 10 mi/h):
take side friction and superelevation into consideration

$$\frac{0.01e + f}{1 - 0.01ef} = \frac{S^2}{gR} \quad \text{or}$$

$$R = \frac{S^2}{15(0.01e + f)}$$

where :

e = superelevation rate, %

f = coefficient of side friction

S = speed of the vehicle, ft / s

R = radius of curvature, ft

g = acceleration rate due to gravity, $32.2 \text{ ft} / \text{s}^2$

Coefficient of side friction (f) for wet pavement at various speed

Speed (mi/h)	30	40	50	60	70
f	0.16	0.15	0.14	0.12	0.10

Braking Characteristics

Express speed in ft/s:

$$d_b = \frac{S^2}{2a}$$

where:

d_b = braking distance, ft

S = initial speed, ft / s

a = deceleration rate, ft / s^2

Express speed in mi/h:

$$d_b = \frac{1.075S^2}{a}$$

If the final speed is not equal to zero:

$$d_b = \frac{S_i^2 - S_f^2}{30(F \pm 0.01G)}$$

where :

G = grade, %

S_i = initial speed, mi / h

S_f = final speed, mi / h

F = the coefficient of forward rolling

or skidding friction = $\frac{a}{g}$

Acceleration Characteristics

$$d_a = \frac{1.075S^2}{a}$$

where:

d_a = acceleration distance, ft

S = speed at the end of acceleration (from a stop), mi/h

a = acceleration rate, ft/s²

Total Stopping Distance

$$d = 1.47S_i t + \frac{S_i^2 - S_f^2}{30(0.348 \pm 0.01G)}$$

where:

d = total stopping distance, ft

G = grade, %

S_i = initial speed, mi/h

S_f = final speed, mi/h

t = reaction time, s

Safe Stopping Sight Distance

$$d = 1.47S_i t + \frac{S_i^2 - S_f^2}{30(0.348 \pm 0.01G)}$$

For example: given

d = safe stopping sight distance, ft

G = level terrain, grade = 0%

S_i = 70 mi/h

S_f = 0 mi/h

t = standard reaction time = 2.5 s

$$d = 1.47 * 70 * 2.5 + \frac{70^2 - 0^2}{30(0.348 \pm 0)} = 726.6 \text{ ft}$$

Decision Sight Distance

$$d = 1.47S_i t + \frac{S_i^2 - S_f^2}{30(0.348 \pm 0.01G)}$$

For example: given

d = decision sight distance, ft

G = 3% down grade = -3%

S_i = 60 mi/h

S_f = 0 mi/h

t = 14.5 s (allow complex path and speed changes in response to conditions)

$$d = 1.47 * 60 * 14.5 + \frac{60^2 - 0^2}{30(0.348 \pm 0.01 * 3)} = 1,656.3 \text{ ft}$$

Vehicle Performance Characteristics

A vehicle's motion tends to be restarted by at least five types of resistance:

- o Inertia resistance
- o Grade resistance
- o Rolling resistance
- o Curve resistance
- o Air resistance

Inertia Resistance, F_i

$$F_i = 28WA$$

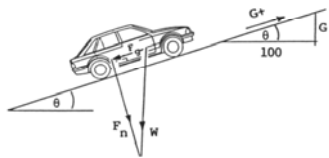
where :

F_i = แรงต้านเนื่องจากความเฉื่อย, kg.

W = น้ำหนักของยานพาหนะ, tons

A = อัตราเร่งของยานพาหนะ, km/h/s

Grade Resistance, F_g



$$F_g = W \cos \theta \cdot \frac{G}{100}$$

where :

F_g = แรงต้านเนื่องจากความลาดชัน, kg.

W = น้ำหนักของยานพาหนะ, tons

G = เปอร์เซนต์ความลาดชัน, %

F_n = แรงตั้งฉากกับผิวทาง

ถ้าความลาดชันมีค่าไม่เกิน 5% ค่า $\cos\theta$ ประมาณเท่ากับ 1 จะได้

$$F_g = 10WG$$

Rolling Resistance, F_r

- บนถนนสภาพดี รถยนต์ส่วนบุคคลที่วิ่งด้วยความเร็ว 95 km/h จะมีแรงต้านเนื่องจากการเคลื่อนที่ประมาณ 14 kg/tons
- ค่าแรงต้านจะเพิ่มขึ้น 10% ต่อความเร็วที่เพิ่มขึ้นทุกๆ 16 km/h
- เพื่อความสะดวกจึงกำหนดให้ค่าแรงต้านจากการเคลื่อนที่เท่ากับ 10-14 kg/tons ใช้กับทุกค่าความเร็วของยานพาหนะที่แล่นบนถนนเรียบสภาพดี

แรงต้านเนื่องจากการเคลื่อนที่ของรถยนต์หนึ่งส่วนบุคคลบนถนนที่มีสภาพผิวจราจรคุณภาพต่ำ (kg/tons)

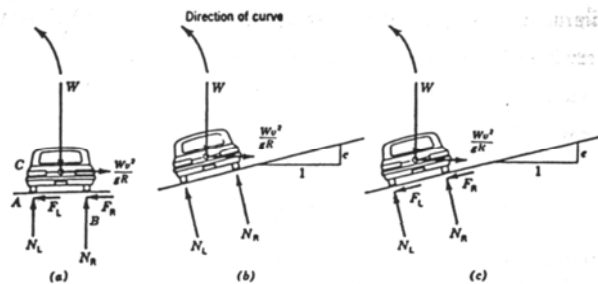
ประเภทผิวทาง	ความเร็วสม่ำเสมอ (km/h)			
	32	48	64	80
ผิวทางขรุขระเป็นหลุมเป็นบ่อและมีการปะช่อม	13	15	18	23
ผิวทางลูกรังแห้ง	14	16	23	28
ผิวทางเป็นทราย	16	18	26	34

Curve Resistance, F_c

$$F_c = \frac{Wv^2}{gR} = (N_L + N_R)f \quad e = \frac{v^2}{gR}$$

where :

- F_c = แรงหนีศูนย์กลาง, kg.
- W = น้ำหนักของยานพาหนะ, kg.
- v = ความเร็วของรถบนทางโค้ง, m/s
- R = รัศมีทางโค้ง, m.
- g = ค่าแรงโน้มถ่วงของโลก, m/s²
- N_L, N_R = น้ำหนักล้อที่กระทำบนถนน, kg.
- f = สัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างล้อและถนน
- e = อัตราการยกโค้ง (Superelevation), m. (ver.)/m(hor.)



$$F_c = \frac{Wv^2}{gR} = (N_L + N_R)f \quad e = \frac{v^2}{gR}$$

The relation between friction coefficient (f) and design speed for general pavement

Design Speed (km/h)	32	48	64	80	97	113	129
f	0.17	0.16	0.15	0.14	0.12	0.10	0.08

Air Resistance, F_a

$$F_a = 0.0011AV^2$$

where :

F_c = แรงต้านเนื่องจากอากาศ, kg.

A = พื้นที่หน้าตัดด้านหน้าของยานพาหนะ, m^2

V = ความเร็วของยานพาหนะ, km/h

- For passenger car: $A \approx 2.34 m^2$
- For truck: $A \approx 8.10 m^2$

Power Requirements

$$P = \frac{RV}{550}$$

where :

P = กำลังงานที่จำเป็นต้องใช้เพื่อการขับเคลื่อน, kg.

R = $F_i + F_g + F_r + F_c + F_a$, Pounds

V = ความเร็วของยานพาหนะ, ft/s

$$P = 0.0036RV$$

where :

P = กำลังงานที่จำเป็นต้องใช้เพื่อการขับเคลื่อน, kg.

R = $F_i + F_g + F_r + F_c + F_a$, kg.

V = ความเร็วของยานพาหนะ, km/h