

บทที่ 2

มาตรฐานที่ใช้ในการออกแบบสะพาน

2.1 น้ำหนักบรรทุกบนสะพาน (LOADS)

ในการออกแบบสะพาน สิ่งที่มีผลต่อการออกแบบ ที่สำคัญประการหนึ่งคือน้ำหนักบรรทุกที่จะเกิดขึ้นบนสะพาน ซึ่งการออกแบบจะต้องคำนึงถึงลักษณะการใช้งานของสะพาน เนื่องจากรถยนต์ที่ผลิตขึ้นมาจะมีลักษณะรูปร่าง และ การใช้งานที่แตกต่างกันออกไป น้ำหนักบรรทุกที่เกิดขึ้น จึงมีความแตกต่างกันออกไปด้วย ดังนั้นวิศวกรผู้ออกแบบจะต้องทราบข้อมูลของขอบข่ายของลักษณะการใช้งานของสะพานนั้นก่อน ซึ่งในการออกแบบสะพานของประเทศไทย หน่วยงานของรัฐ และเอกชนที่มีหน้าที่รับผิดชอบในการออกแบบสะพาน โดยทั่วไปจะยึดถือหลักเกณฑ์ การออกแบบน้ำหนักบรรทุกตามมาตรฐานของ American Association of State Highway and Transportation officials (AASHTO) โดยแบ่งลักษณะของน้ำหนักที่เกิดขึ้นดังนี้

- 2.1.1 Dead Load
- 2.1.2 Live Load
- 2.1.3 Dynamic Effect of Vehicle
- 2.1.4 Longitudinal Force
- 2.1.5 Centrifugal Force
- 2.1.6 Win Load
- 2.1.7 Earthquake Force
- 2.1.8 Stream Flow Pressure
- 2.1.9 Floating Ice Pressure
- 2.1.10 Side Walk , Curb and Railing Loading

2.1.1 น้ำหนักคงที่ (Dead Load)

คือส่วนของน้ำหนักที่เกิดจากตัวโครงสร้างสะพาน หรือ ส่วนที่ทำการติดตั้งบนสะพาน เพื่อประโยชน์ในการอำนวยความสะดวกสบาย และความปลอดภัยต่อผู้ใช้สะพาน น้ำหนักบรรทุกจะขึ้นอยู่กับชนิดและขนาดของวัสดุที่ใช้ทำการก่อสร้าง ตัวอย่างน้ำหนักของวัสดุต่อหน่วยขนาดมีดังต่อไปนี้

Concrete	=	2,400	kg/m ³
Steel	=	7,850	kg/m ³
Cast Iron	=	7,200	kg/m ³
Timber	=	800	kg/m ³

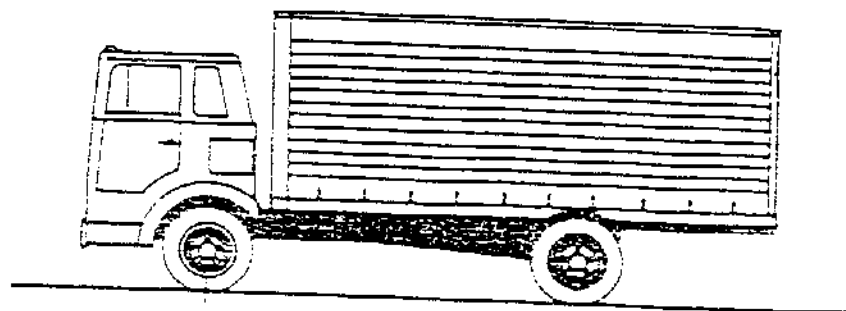
2.1.2 น้ำหนักจร (Live Load)

เป็นน้ำหนักบรรทุกบนสะพาน ซึ่งแบ่งประเภทของรถยนต์ เป็น 4 ประเภทดังนี้ คือ

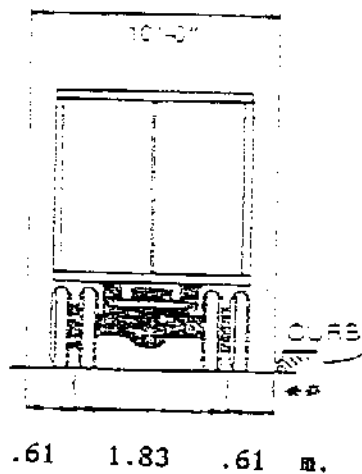
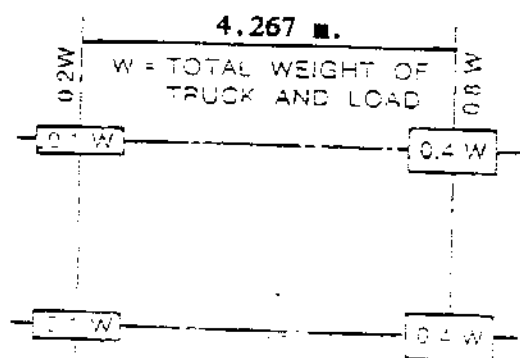
1. H15-44
2. H20-44
3. HS15-44
4. HS20-44

ในการออกแบบเมื่อเลือกประเภทของรถยนต์แล้ว การคำนวณตามวิธีการของ AASHTO จะแบ่งการคำนวณ ออกเป็น 2 วิธี คือ วิธีแรก จะใช้น้ำหนักของรถยนต์จริง กระทำลงบนโครงสร้างของสะพาน อีกวิธี คือ การใช้วิธีการน้ำหนักเทียบเท่า (Equivalent Load) จากทั้ง 2 กรณี ดังกล่าว นั้นมาเปรียบเทียบกับ เพื่อหาค่า ที่ทำให้เกิดค่าความเค้นสูงสุด (Maximum Stress) ไปใช้ในการออกแบบ ซึ่ง AASHTO ได้จัดทำ เป็นตารางแสดงค่า Maximum Moments , Shears and Reactions สำหรับ Simple Span ซึ่งในการเขียนโปรแกรมนี้ ได้ยึดจากตารางของ AASHTO (ภาคผนวก ก.) เป็นเกณฑ์

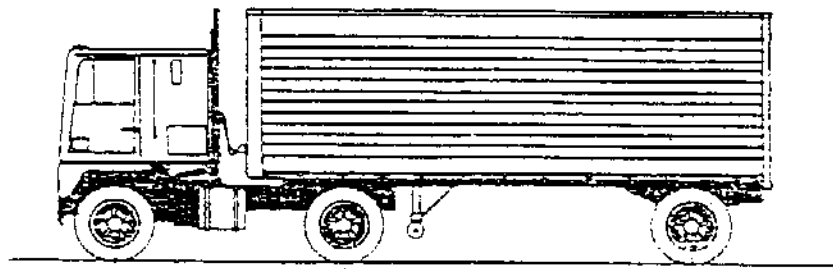
สำหรับน้ำหนักบรรทุกของรถยนต์ แสดงไว้ในรูปที่ 2.1 - รูปที่ 2.2 และน้ำหนักเทียบเท่า (Equivalent Load) แสดงไว้ในรูปที่ 2.3



H20-44	3,630 kg.	14,515 kg.
H15-44	2,720 kg.	10,885 kg.



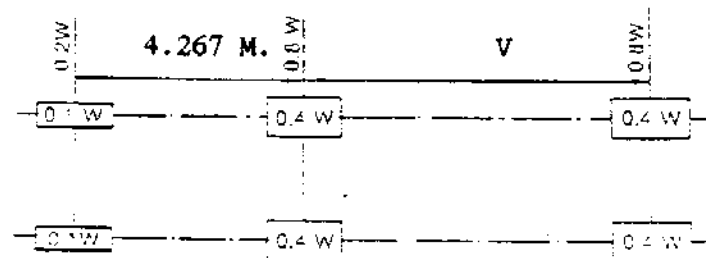
รูปที่ 2.1 STANDARD H TRUCK



HS20-44	3,630 kg.	14,515 kg.	14,515 kg.
HS15-44	2,720 kg.	10,885 kg.	10,885 kg.

W = COMBINED WEIGHT ON THE FIRST TWO AXLES WHICH IS THE SAME AS FOR THE CORRESPONDING H (M) TRUCK

V = VARIABLE SPACING 4.267 METERS TO 9.141 METERS INCLUSIVE
SPACING TO BE USED IS THAT WHICH PRODUCES MAXIMUM STRESSES



3.05 M.

CLEARANCE AND
LOAD LANE WIDTH
10'-0"

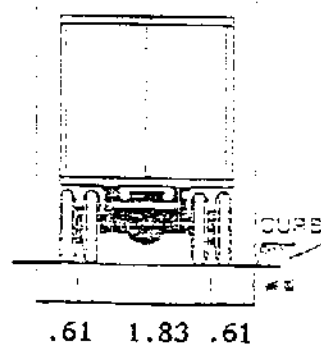
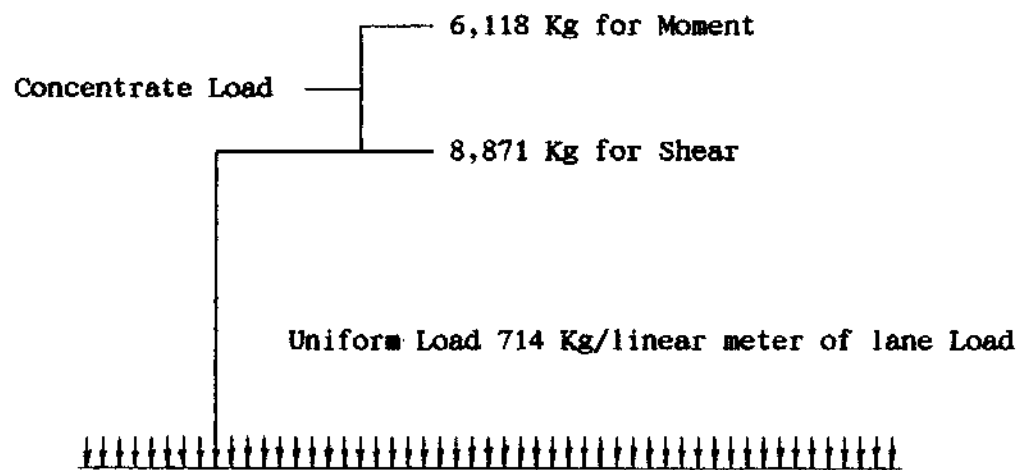
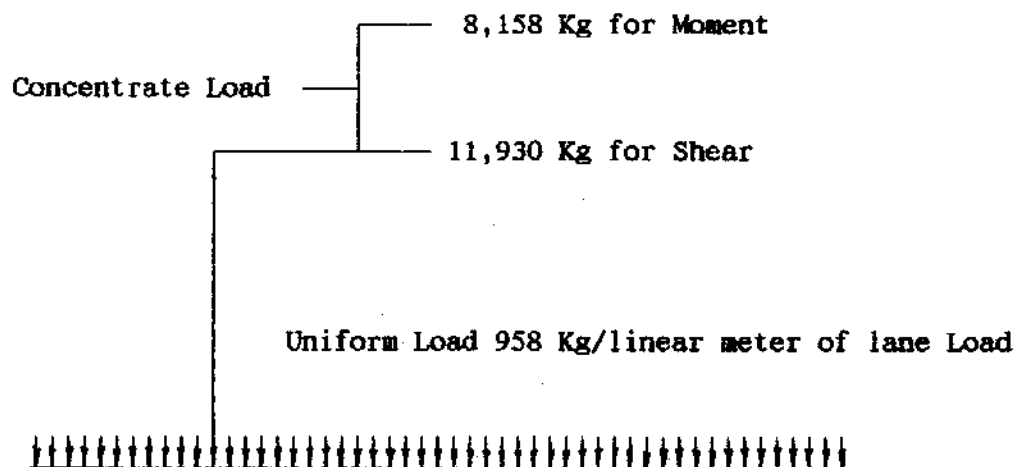


FIGURE 2.2 STANDARD HS TRUCK



(A). H15-44 , HS15-44 LOADING



(B). H20-44 , HS20-44 LOADING

2.3 EQUIVALENT LOADS

2.1.3 แรงกระทบ (Dynamic effect of Vehicles)

โดยปกติทั่วไปแล้วรถยนต์ที่วิ่งบนสะพาน จะมีแรงกระทบสู่ตัวสะพานด้วย ซึ่งจากการศึกษาของ AASHTO ได้กำหนดค่าให้เป็นจำนวนเพิ่ม จาก Live Load โดยที่ค่าสูงสุดไม่เกิน 30 % ของ Live Load ดังนี้

$$I = \frac{15.24}{L + 38} \leq 0.30$$

I = Dynamic Effect of Vehicle (Impact factor)

L = Span Length of Bridge (m.)

2.1.4 แรงตามยาว (Longitudinal Force)

แรงประเภทนี้ เกิดจากการที่รถวิ่งบนสะพาน แล้วมีการหยุด อาจจะหยุดเนื่องจากเหตุการณ์กระทันหัน หรือ การลดความเร็วของรถยนต์บนสะพาน ซึ่งลักษณะดังกล่าวจะมีการถ่ายทอดแรงสู่สะพาน ดังนี้

$$F = \frac{W \cdot \Delta V}{g \cdot \Delta t}$$

F = Longitudinal Force

W = Weight of Vehicle

g = Acceleration of Gravity

ΔV = Change in Velocity in Time Interval Δt

Δt = Time Interval

ซึ่ง AASHTO ได้ประมาณการค่า Longitudinal Force ไว้เป็น 5% ของน้ำหนักจร

2.1.5 แรงหนีศูนย์กลาง (Centrifugal Force)

ลักษณะของแรงประเภทนี้ จะเกิดด้านกรณีที่ยานยนต์กำลังวิ่งอยู่บนสะพาน แล้วมีแรงหนีศูนย์กลางเนื่องจากความโค้งของแนวราบของสะพาน ซึ่งหาค่าได้ ดังนี้

$$F = \frac{W \cdot V^2}{g \cdot r}$$

F = Centrifugal Force

W = Weight of Vehicle

g = Acceleration of Gravity

V = Velocity of the Truck

r = Radius of the path of the truck

2.1.6 แรงลม (Wind Load)

เป็นแรงเนื่องจากลมที่กระทำต่อโครงสร้างของสะพาน ซึ่งความรุนแรงนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะของภูมิประเทศและภูมิอากาศ ซึ่งเป็นการยากที่จะทำนายว่าจะเกิดหรือไม่ อย่างไรก็ตาม สูตรทั่วไปในการหาค่า Pressure ที่เกิดจากลมกระทำต่อวัตถุ เป็นดังนี้

$$P = \frac{C_d \cdot \rho \cdot V^2}{2}$$

P = Pressure

Cd = Drag Coefficient

ρ = Density of Air

V = Wind Velocity

2.1.7 แรงจากแผ่นดินไหว (Earthquake Force)

สำหรับในประเทศไทยเหตุการณ์ไม่ค่อยจะเกิด และ ไม่มีความรุนแรงพอที่จะทำให้เกิดความเสียหายเหมือนต่างประเทศ AASHTO ได้กำหนดวิธีการคำนวณแรงจากแผ่นดินไหวไว้ดังนี้

$$Eq = C.F.W$$

Eq = Earthquake Force

F = Framing Factor

W = Total Dead Load of Structure

C = Combined Response coefficient

สำหรับ ในประเทศที่มีเหตุการณ์แผ่นดินไหวเกิดขึ้นบ่อยๆ จะมีการคำนวณค่า C ของแต่ละส่วนของพื้นที่ไว้ด้วย

2.1.8 แรงจากกระแสน้ำ (Stream Flow Pressure)

เป็นแรงที่เกิดจากแรงดัน ของกระแสน้ำที่กระทำต่อคอม่อ ซึ่งคำนวณหาจากความเร็วของกระแสน้ำ และลักษณะโครงสร้างของสะพานดังนี้

$$P = 52.5 K.V^2$$

P = unit pressure (kg/m^2)

V = maximum velocity (m/s)

K = constant (depending on shape of pier)

($1 \frac{1}{3}$ pier with square ends)

($1 \frac{1}{3}$ pier with end angle at 30° and less)

($2 \frac{2}{3}$ pier with circular end)

2.1.9 แรงจากรารน้ำแข็ง (Floating Ice Pressure)

ลักษณะของแรงประเภทนี้ เกิดจากรารน้ำแข็ง สำหรับประเทศไทยไม่เคยปรากฏว่ามีเหตุการณ์นี้

2.1.10 น้ำหนักบรรทุกของทางเท้า (Side Walk) ,คันหิน (Curb) และราวสะพาน (Railing Loading)

2.1.10.1 ทางเท้า (Side Walk)

สำหรับน้ำหนักจรมทางเท้าสะพานนั้น AASHTO ได้ให้แนวทางการออกแบบไว้ดังนี้

- span 0 - 8 ; $P = 415 \text{ kg./m.}^2$
- span 8 - 30 ; $P = 293 \text{ kg./m.}^2$
- span over 30 ; $P = 4.883(30+9842)(55-E) \text{ kg/m.}^2$

$$L \quad 50$$

$P = \text{live load (max. } 293 \text{ kg./m.}^2\text{)}$

$L = \text{loaded length of side walk in meter}$

$E = \text{width of side walk}$

2.1.10.2 คันหิน (Curb Loading)

ในการออกแบบแรงด้านทานด้านข้างของคันหิน จะต้องไม่น้อยกว่า 745 Kg. ต่อความยาว 1 ม. ซึ่งในการออกแบบพื้นสะพานจะคิดเฉพาะน้ำหนักของคันหินเท่านั้น

2.1.10.3 ราวสะพาน (Railing Loading)

ในการออกแบบราวสะพาน จะมีเฉพาะแรงกระทำด้านข้าง ซึ่งในการออกแบบพื้นสะพานจะคิดเฉพาะน้ำหนักของราวสะพาน เท่านั้น