หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

มาตรฐานที่ใช้ในการออกแบบสะพาน

2.1 น้ำหนักบรรทุกบนสะพาน (2)

ในการออกแบบสะพานเพื่อใช้งานนั้น สิ่งที่มีบทบาทต่อการออกแบบประการหนึ่งที่สำคัญคือน้ำหนักบรรทุกที่จะเกิดขึ้นบนสะพาน ดังนั้นวิศวกรหรือผู้ออกแบบจะต้องคำนึงถึงอีกประการคือลักษณะของการใช้งานของสะพาน เนื่องจากปัจจุบันรถยนต์ที่ผลิตขึ้นมานั้นมีรูปแบบแตกต่างกันออกไป น้ำหนักบรรทุกที่เกิดขึ้นจึงมีความแตกต่างกันออกไปด้วย เพื่อความถูกต้อง วิศวกรผู้ที่ทำการออกแบบในขั้นต้นจึงต้องกำหนดลักษณะของขอบข่ายการใช้งานของสะพานเสียก่อน ตัวอย่างเช่นเป็นสะพานที่ใช้งานสำหรับถนนในต่างจังหวัดเป็นสะพานที่ใช้งานสำหรับถนนในชนบทหรือเป็นสะพานที่ใช้งานในเขตเมืองหลัก เมื่อแบ่งได้ดังนี้ก็จะทำให้แบ่งในเรื่องของประเภทรถยนต์ที่จะใช้สะพานได้ด้วย ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการคิดคำนวณในเรื่องน้ำหนักบรรทุก ในการออกแบบสะพานสำหรับประเทศไทยหน่วยงานของรัฐบาลและเอกชนที่มีหน้าที่รับผิดชอบในการออกแบบสะพานยึดถือหลักเกณฑ์การออกแบบน้ำหนักบรรทุกตามมาตรฐานของ American Association of State Highway and Transportation Officials โดยแบ่งลักษณะของน้ำหนักที่เกิดขึ้นออกเป็นส่วน ๆ ดังนี้

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 Centifugal Force

2.1.6 Wind Load

2.1.7 Earthquake Force

2.1.8 Stream Flow Pressure

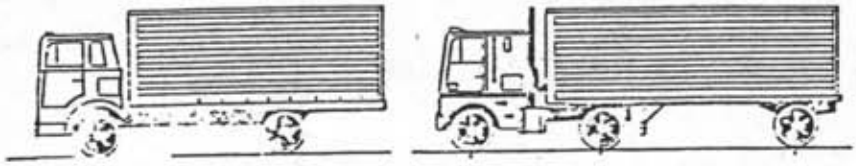
2.1.9 Floating Ice Pressure

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.1.1 Dead Load คือส่วนของน้ำหนักที่เกิดขึ้นจากตัวของโครงสร้างของสะพานเองหรือส่วนอื่นที่ทำการติดตั้งอยู่บนสะพานเพื่อช่วยให้เกิดความสะดวกสบาย รวมทั้งความปลอดภัยต่อรถยนต์ที่ใช้สะพานนั้น เช่น เสาไฟ ราวกั้นทางเดิน เป็นต้น น้ำหนักรถบรรทุกจะขึ้นอยู่กับขนาดและชนิดของวัสดุที่ใช้ในการทำการก่อสร้าง ตัวอย่างเช่นคานซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของโครงสร้างสะพานน้ำหนัก ซึ่งเป็น Dead Load จะขึ้นอยู่กับขนาดของคานที่ทำการออกแบบและวัสดุที่ใช้ เช่น ถ้าเป็นคอนกรีต น้ำหนักบรรทุกต่อหน่วยขนาดก็จะมีค่าหนึ่งแต่ถ้าวัสดุที่ใช้เป็นเหล็กน้ำหนักต่อหน่วยขนาดที่ทำการออกแบบก็จะมีอีกค่าหนึ่ง ตัวอย่างข้อมูลน้ำหนักต่อหน่วยขนาดของวัสดุต่าง ๆ ที่ใช้ในการออกแบบสะพาน

Concrete	2,403	kg/m^3
Steel	7,849	kg/m^3
Cast Iron	7,208	kg/m^3
Timber	801	kg/m^3
Stone Masonary	2,703	kg/m^3
Alluminum	2,803	kg/m^3

2.1.2 Live Load เป็นส่วนของน้ำหนักบรรทุกที่เกิดจากรถยนต์ที่วิ่งอยู่บนสะพาน ประเภทของรถยนต์แบ่งออกเป็น 5 ประเภทตามรูปที่ 2.1 ดังนั้นวิศวกรผู้ทำการออกแบบต้องการออกแบบสะพานเพื่อรองรับการใช้งานของรถยนต์ประเภทใด ก็จะต้องทำการเลือกค่าน้ำหนักของรถยนต์ประเภทนั้นมาใช้ในการออกแบบ คุณสมบัติในเรื่องน้ำหนักของรถยนต์ทั้ง 5 ประเภทเป็นดังรูปที่ 2.1



0.1W 0.4W 0.1W 0.4W 0.4W

0.1W 0.4W 0.1W 0.4W 0.4W

รูปที่ 2.1 แสดงน้ำหนักบรรทุกของรถยนต์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

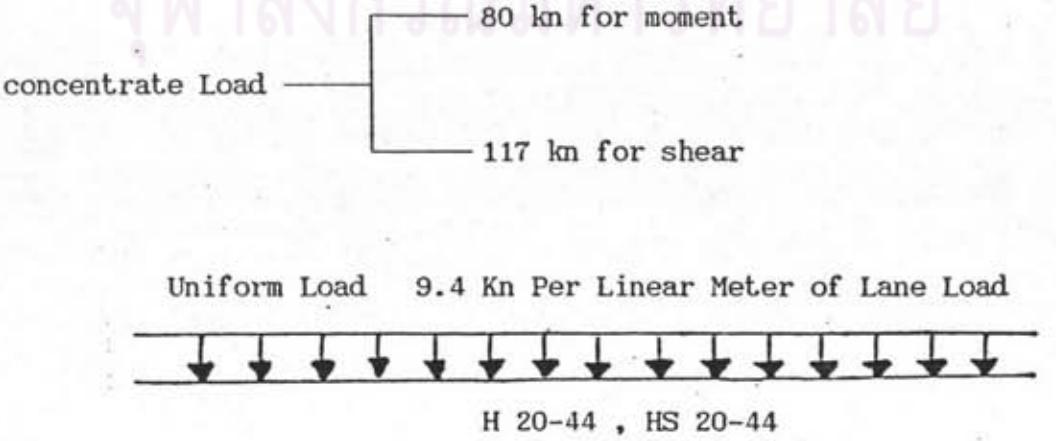
1.	H 20-44	36 kn	144 kn	4.	Hs 20-44	36 kn 144 kn	144 kn
2.	H 15-44	27 kn	108 kn	5.	Hs 15-44	27 kn 100 kn	108 kn
3.	H 10-44	18 kn	72 kn				

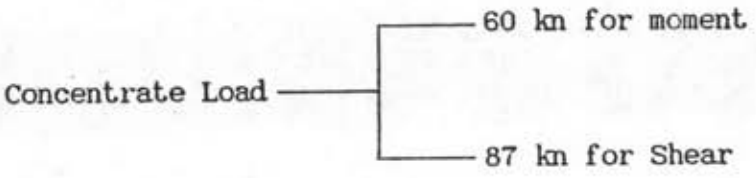
W = Conbined weight on the First two Axles, Which is the same as for the Corresponding H. Truck

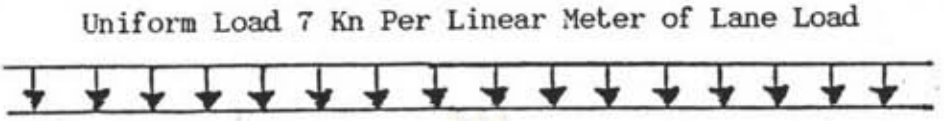
V = Variable Spacing is 4.26 m to 9.14 m Inclusive. Spacing to be use is that which Produces Maximum Stress

ในการเลือกออกแบบเมื่อเลือกประเภทของรถยนต์แล้ว การคำนวณตามวิธีการของ American Association of State Highway and Transportation Officials จะแบ่งการคำณวณออกเป็น 2 วิธีการ คือ วิธีแรกจะใช้น้ำหนักของรถยนต์จริงกระทำลงบนตัวโครงสร้างของสะพาน อีกวิธีคือการใช้วิธีการน้ำหนักเทียบเท่า (Equivalent Load) จากทั้งสองกรณีดังกล่าวนำมาเปรียบเทียบกันหาค่าที่ทำให้เกิดค่าความเครียดสูงสุด (Maximum Stress) ไปใช้ในการออกแบบ ลักษณะน้ำหนักที่เป็นน้ำหนักเทียบเท่า (Equivalent Load) แสดงได้ดังรูปที่ 2.2

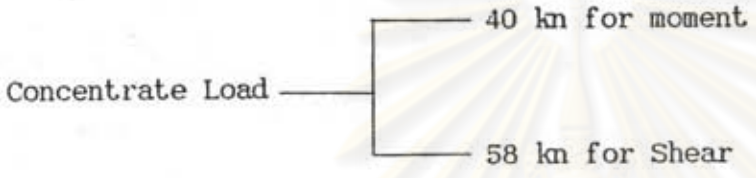
รูปที่ 2.2 แสดงลักษณะน้ำหนักบรรทุก

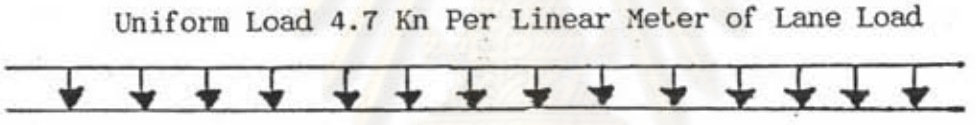






H 15 - 44, HS 15 - 44





H 10 - 14

2.1.3 Dynamic Effect of Vehicles โดยปกติแล้วรถยนต์ที่วิ่งบนสะพานจะมีแรงกระแทกสู่ตัวสะพานด้วย จากการศึกษาเรื่องแรงกระแทกจำพวกนี้ American Association of State Highway and Transportation Officials ได้ทำการกำหนดให้ค่าเป็นเปอร์เซนต์ที่เพิ่มขึ้นจาก Live Load โดยให้ค่าเกิดขึ้นสูงสุดไม่เกิน 30% ของ Live Load มีสูตรที่ใช้คำนวณค่า Dynamic Effect of Vehicles คิดเป็นเปอร์เซนต์ของ Live Load ดังนี้

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

I = Dynamic Effect of Vehicle (Impact Fraction)

L = Span Length of Bridge (m)

2.1.4 Longitudinal Force แรงประเภทนี้เกิดจากการที่รถยนต์วิ่งบนสะพานแล้วมีการหยุด จะเนื่องจากการหยุดอย่างกระทันหัน หรือการชลอความเร่งในขณะที่รถวิ่งอยู่บนสะพานด้วย การกระทำดังกล่าวจะมีการถ่ายทอดแรงสู่สะพาน ซึ่งมีสูตรทั่วไปในการคำนวณคือ

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

F = Longitudinal Force

W = Weight of Vehicle

g = Acceleration of Gravity

Δv = Change in Velocity in Time Interval Δt

Δt = Time Interval

นอกจากนี้ American Association of State Highway and Transportation Officials ได้ประมาณค่าของ Longitudinal Force ไว้มีค่า 5% ของ Live Load

2.1.5 Centrifugal Force ลักษณะของแรงประเภทนี้จะเกิดได้ในกรณีที่รถยนต์กำลังวิ่งอยู่บนสะพานแล้วสร้างแรงหนีศูนย์กลางขึ้นเนื่องจากความโค้งของตัวสะพาน หรือ เนื่องจากก่อนขึ้นสะพานถนนมีความโค้งเป็นต้น สำหรับสูตรในการคำรวณหาค่าแรงนี้ คือ

$$F = \frac{Wv^2}{gr}$$

F = Centrifugal Force

W = Weight of the Truck

v = Velocity of the Truck

r = Radius of the Path of the Truck

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.1.6 Wind Load สำหรับ Wind Load เป็นแรงที่เกิดจากแรงลมมากระทำต่อตัวสะพาน ซึ่งลักษณะของความรุนแรงก็ขึ้นกับลักษณะของภูมิประเทศ และภูมิอากาศและเป็นการยากที่จะทำนายว่าจะเกิดหรือไม่เกิดในเรื่องของ Wind Load นี้ อย่างไร ก็ตามสูตรทั่วไปในการหาค่า Pressure ที่เกิดจากลมกระทำต่อวัตถุเป็นดังนี้

$$P = Cd\ \rho\ v^2/2$$

P = Pressure

Cd = Drag Coefficient

ρ = Density of Air

v = Wind Velocity

ในการคำนวณ Load ซึ่งเกิดลมนั้น American Association of State Highway and Transportation Officials

$$H = Ch\ Ah\rho\ v^2/2$$

H = Force

Ah = Area

Ch = มีค่าอยู่ระหว่าง 1.36 ถึง 1.37

ρ = Density of Air

2.1.7 Earthquake Force เป็นแรงที่เกิดจากไหวของแผ่นดินสำหรับในเมืองไทยแล้วเหตุการณ์ทำนองนี้ไม่ค่อยจะเกิดขึ้น และไม่ค่อยมีความรุนแรงที่จะทำให้เกิดความเสียหายเช่นในต่างประเทศ American Association of State Highway and Transportation Officials ได้กำหนดวิธีการคำนวณ Earthquake Force

Eq = CFW

Eq = Earthquake Force

C = Combined Response Coefficient = Ars/Z

(สำหรับประเทศที่มีการเกิดแผ่นดินไหวบ่อย ๆ จะมีการคำนวณหาค่า C ของแต่ละพื้นที่และลงค่า C ไว้ในแผนที่ด้วย)

F = Framing Factor

W = Total Dead Load of Structure

2.1.8 Stream Flow Pressure เป็นแรงที่เกิดจากความรุนแรงของกระแสน้ำที่ผ่านลอดตัวสะพาน ความเร็วของกระแสน้ำที่ผ่านถูกตัวโครงสร้างของสะพาน สามารถคำนวณได้จากสูตร

$P = 515\ kv^2$

P = The Unit Pressure

v = Maximum velocity

k = constant (Depending on Shape of the Pier)

k = 1½ Peirs with Square Ends

k = ½ Peirs With Ends Angle at 30 and Less

k = ⅔ Peirs With Circular End

2.1.9 Floating Ice Pressure ลักษณะของแรงประเภทนี้เกิดจากธารน้ำแข็งสำหรับในเมืองไทยไม่เคยปรากฏว่ามีเหตุการณ์นี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย