

**การศึกษาพฤติกรรมการรับน้ำหนักของสะพานช่วงเดี่ยวแบบรองรับ
ธรรมดาเนื่องจากน้ำหนักรถบรรทุกไทย**
**A STUDY ON LOAD-CARRYING BEHAVIOR OF SIMPLE-SUPPORTED
BRIDGE DUE TO THAI TRUCK LOADS**

สุนิติ สุภาพ และ ภาณุวัฒน์ จ้อยกลัด
อาจารย์, ภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต

บทคัดย่อ

กรมทางหลวงได้กำหนดพิคัดน้ำหนักรถบรรทุกไทยซึ่งมีความแตกต่างจากน้ำหนักบรรทุกจรถที่กำหนดโดย American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) ซึ่งเป็นมาตรฐานการออกแบบที่นิยมใช้ในประเทศไทย บทความนี้จึงได้ทำการศึกษาพฤติกรรมการรับน้ำหนักของคานสะพานช่วงเดี่ยวธรรมดาที่มีความยาวช่วงตั้งแต่ 5-60 เมตร เนื่องจากน้ำหนักรถบรรทุกไทยกับน้ำหนักบรรทุกจรถตามมาตรฐาน AASHTO เพื่อเปรียบเทียบแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดสูงสุดของคานสะพานพร้อมทั้งเสนอสัดส่วนของแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เหมาะสม ผลการศึกษาพบว่าแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดสูงสุดในแต่ละความยาวช่วงสะพานเกิดจรถบรรทุกรูปแบบต่างชนิดกันและไม่จำเป็นต้องเกิดจรถบรรทุกที่มีน้ำหนักบรรทุกรวมมากที่สุด จากผลการวิเคราะห์โครงสร้างได้เสนอสัดส่วนแรงเฉือนและสัดส่วนโมเมนต์ดัดที่สัมพันธ์กับความยาวช่วงสะพานโดยสัดส่วนที่เสนอนี้สามารถนำไปปรับเพิ่มค่ากับน้ำหนักบรรทุกจรถตามมาตรฐาน AASHTO เพื่อให้สอดคล้องกับน้ำหนักรถบรรทุกไทยได้

คำสำคัญ: รถบรรทุกไทย, AASHTO, สัดส่วนแรงเฉือน, สัดส่วนโมเมนต์ดัด

ABSTRACT

Highway Department has rated Thai truck weights which are different from the highway live loadings specified by the American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) standard specifications, which are popularly used in Thailand. This article has studied the load-carrying behavior of simple-supported bridge with the length ranging from 5-60 meters due to Thai truck loads and the AASHTO loads. This study aims to compare the maximum shear and bending moment of the simple beam bridges. The appropriate ratios of the shear, also bending moment, between Thai truck loads and AASHTO loads are proposed. The results show that, in each span, the maximum shear

and bending moment caused by different types of trucks. In addition, the largest trucks produce the maximum responses for some analysis cases. From the structural analysis, the shear ratios and the moment ratios are proposed associated with various bridge span length. For bridge design practice in Thailand, these ratios could be applied as multiplier to the AASHTO loads, therefore, the maximum shear and bending moment of simple beam bridge caused by the proportioned AASHTO loads and Thai truck loads are comparable.

KEYWORDS: Thai Truck, AASHTO, Shear Ratio, Moment Ratio

1. บทนำ

สะพานเป็นโครงสร้างซึ่งทำหน้าที่รองรับน้ำหนักของยานพาหนะและใช้สำหรับข้ามอุปสรรคในแนวถนนหรืออำนวยความสะดวกในการคมนาคมขนส่ง ในการออกแบบโครงสร้างสะพาน วิศวกรต้องปฏิบัติตามกฎหมายหรือข้อกำหนดการออกแบบในการประเมินน้ำหนักบรรทุกต่างๆ โดยเฉพาะน้ำหนักบรรทุกจร เช่น รถบรรทุก รถโดยสาร รถส่วนบุคคล น้ำหนักสมทบและน้ำหนักอื่นๆ เป็นต้น ที่ผ่านมาวิศวกรออกแบบส่วนใหญ่ได้ใช้รูปแบบและน้ำหนักบรรทุกสำหรับออกแบบตามมาตรฐาน AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) [1] ดังแสดงในตารางที่ 1 เรียกว่า HS20-44(Truck) ซึ่งได้กำหนดน้ำหนักบรรทุกและระยะห่างระหว่างเพลตต่างๆ ไว้แล้ว จึงทำให้มีความสะดวกในการวิเคราะห์โครงสร้าง ในทำนองเดียวกันวิศวกรออกแบบอาจใช้น้ำหนักบรรทุกแบบ UCL (Uniform Concentrated Load) หรือ HS20-44(UCL) ก็ได้ในกรณีที่รูปแบบน้ำหนักบรรทุกชนิดนี้ทำให้เกิดหน่วยแรงบนสะพานมากกว่า อย่างไรก็ตามรถบรรทุกที่ใช้ในประเทศไทยในปัจจุบันได้กำหนดไว้ตามประกาศ ปี พ.ศ. 2548 [2] โดยกรมทางหลวง อีกทั้งยังมีประกาศ ฉบับอื่นๆ เพิ่มเติมอีกหลายฉบับ [3,4,5] ซึ่งรถบรรทุกตามประกาศ แตกต่างจากน้ำหนักบรรทุกจรตามมาตรฐาน AASHTO อย่างไรก็ตามมาตรฐาน AASHTO อนุญาตให้สามารถปรับค่าน้ำหนักบรรทุกจรตามสัดส่วนได้ หากน้ำหนักยานพาหนะมีค่าแตกต่างจากที่กำหนด [1]

บทความนี้จึงได้ทำการศึกษาพฤติกรรมการรับน้ำหนักของคานสะพานช่วงเดี่ยวธรรมดาที่มีความยาวช่วงแตกต่างกันเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกที่ใช้ในประเทศไทยตามประกาศ ของกรมทางหลวง เพื่อเปรียบเทียบแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดสูงสุดของคานสะพานและทำการหาสัดส่วนของแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เกิดขึ้นเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกไทยกับน้ำหนักบรรทุกจรตามมาตรฐาน AASHTO พร้อมทั้งเสนอสัดส่วนดังกล่าวที่เหมาะสมเพื่อให้มีความสะดวกในทางปฏิบัติสำหรับการวิเคราะห์ออกแบบสะพานในประเทศไทยโดยใช้น้ำหนักบรรทุกจรตามมาตรฐาน AASHTO

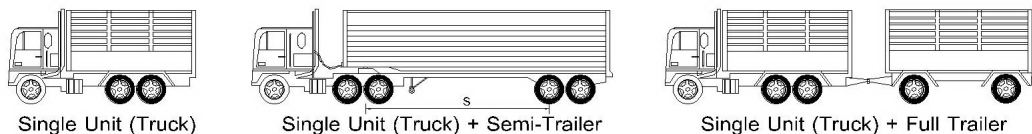
2. รูปแบบและน้ำหนักบรรทุก

ปี พ.ศ. 2548 กรมทางหลวงได้กำหนดรูปแบบและน้ำหนักบรรทุกรถบรรทุกตามประกาศผู้อำนวยการทางหลวงพิเศษ ผู้อำนวยการทางหลวงแผ่นดินและผู้อำนวยการทางหลวงสัมปทาน เรื่อง ห้ามใช้ยานพาหนะที่มีน้ำหนัก น้ำหนักบรรทุกหรือน้ำหนักลงเพลามากกว่าที่ได้กำหนดหรือโดยที่ยานพาหนะนั้นอาจทำให้ทางหลวงเสียหายเดินบนทางหลวงพิเศษ ทางหลวงแผ่นดินและทางหลวงสัมปทาน [2] ประกาศฉบับนี้ประกอบด้วย 3 หมวด ในหมวดที่ 1 บังคับใช้สำหรับยานพาหนะที่ใช้เดินบน (1) ทางหลวงสัมปทาน (2) ทางยกระดับบนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 31 ตอนดอนเมือง-ทางหลวงหมายเลข 1 (อนุสรณ์สถานแห่งชาติ) สายดินแดง-บรรจบทางหลวงหมายเลข 1 (อนุสรณ์สถานแห่งชาติ) และ (3) ทางยกระดับบนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 1 ตอนอนุสรณ์สถานแห่งชาติ-รังสิต สายกรุงเทพมหานคร-แม่สาย (เขตแดน) ในหมวดที่ 2 บังคับใช้สำหรับยานพาหนะที่ใช้เดินบนทางหลวงพิเศษและทางหลวงแผ่นดินสายอื่นที่มีได้กำหนดไว้ในหมวดที่ 1 ยานพาหนะที่กำหนดไว้ทั้ง 2 หมวดตามประกาศ ประกอบด้วยยานพาหนะชนิดรถเดี่ยว (Single Unit) ยานพาหนะชนิดรถลากจูงและรถกึ่งพ่วง (Semi-Trailer) และยานพาหนะชนิดรถลากจูงและรถพ่วง (Full Trailer) ดังรูปที่ 1 รูปแบบยานพาหนะทั้งสองหมวดเหมือนกันแต่น้ำหนักรวมและน้ำหนักลงเพลากำหนดในหมวดที่ 1 จะน้อยกว่าหมวดที่ 2 ประมาณ 10%-20% สำหรับในหมวดที่ 3 ได้กำหนดรายละเอียดยานพาหนะที่ห้ามเดินบนทางหลวงเว้นแต่จะได้รับอนุญาตตามเงื่อนไขและมาตรการที่จำเป็นเพื่อรักษาทางหลวง ยานพาหนะดังกล่าวได้แก่ ยานพาหนะที่มีลักษณะเพลาล้อ และยาง รวมถึงน้ำหนักหรือน้ำหนักลงเพลามากเกินกว่าที่กำหนดในหมวดที่ 1 และ 2 ยานพาหนะที่ต้องขนส่งสิ่งของขนาดใหญ่ซึ่งไม่อาจแยกชิ้นส่วนได้ ยานพาหนะที่โดยสภาพมีลักษณะเป็นเครื่องจักรกล หรือยานพาหนะชนิดรถลากจูงและรถกึ่งพ่วงที่ประกอบด้วยรถกึ่งพ่วงมากกว่า 1 คันขึ้นไป

ปี พ.ศ. 2550 กรมทางหลวงออกหนังสืออนุญาตให้ยานพาหนะชนิดรถลากจูงและรถพ่วง (Full Trailer) เดินบนทางหลวงพิเศษและทางหลวงแผ่นดินได้ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2551 ถึงวันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2551 [3] โดยตัวรถลากจูงมี 3 เพล่า 6 ล้อ ยาง 10 เส้น ชนิดเพลาท้าย (เพล่าที่ 2 และเพล่าที่ 3) เป็นเพล่าคู่ ใช้ยางคู่ ต้องมีน้ำหนักลงเพล่าคู่ท้าย 20,000 กิโลกรัม หรือน้ำหนักยานพาหนะรวมไม่เกิน 25,000 กิโลกรัม ตัวรถพ่วงมี 3 เพล่า 6 ล้อ ยาง 12 เส้น ชนิดเพล่าหน้าใช้ยางคู่ เพล่าท้าย (เพล่าที่ 2 และเพล่าที่ 3) เป็นเพล่าคู่ (Tandem Axle) ใช้ยางคู่ ต้องมีน้ำหนักลงเพล่าหน้าไม่เกิน 10,000 กิโลกรัม และมีน้ำหนักลงเพล่าคู่ท้ายไม่เกิน 18,000 กิโลกรัม ทั้งนี้ เมื่อนำมาต่อพ่วงกับตัวรถลากจูงต้องมีระยะห่างระหว่างกึ่งกลางเพล่าคู่ท้ายของรถลากจูงถึงกึ่งกลางเพล่าท้ายของรถพ่วงไม่น้อยกว่า 9.75 เมตร ตามหนังสืออนุญาตฉบับนี้ รูปแบบรถลากจูงเหมือนกับที่กำหนดในตามประกาศ ปี พ.ศ. 2548 หมวดที่ 2 ข้อ 15 แต่รูปแบบรถพ่วงได้กำหนดเพิ่มเติมขึ้นมาใหม่

ปี พ.ศ. 2551 กรมทางหลวงออกประกาศ เรื่องหลักเกณฑ์การขออนุญาตให้ใช้ยานพาหนะเดินบนทางหลวงพิเศษทางหลวงแผ่นดิน และทางหลวงสัมปทาน ตามประกาศผู้อำนวยการทางหลวงพิเศษทางหลวงแผ่นดิน และทางหลวงสัมปทาน ลงวันที่ 22 ธันวาคม 2548 [4] โดยกำหนดรายละเอียดการขออนุญาตสำหรับยานพาหนะตามที่ระบุในหมวดที่ 3 ตามประกาศฯ ปี พ.ศ. 2548 ในการขออนุญาตนอกจากจะต้องระบุวัตถุประสงค์แล้วยังต้องมีรายการคำนวณที่แสดงว่ายานพาหนะที่ขออนุญาตเมื่อเคลื่อนที่ผ่านสะพานต้องมีแรงที่เกิดขึ้นบนโครงสร้างสะพานทั้งแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดสูงสุดมีค่าไม่เกินตามที่กำหนดในประกาศฯ ฉบับนี้ ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะและความยาวของโครงสร้างสะพาน

ปี พ.ศ. 2552 กรมทางหลวงออกประกาศผู้อำนวยการทางหลวงพิเศษ ผู้อำนวยการทางหลวงแผ่นดินและผู้อำนวยการทางหลวงสัมปทาน เรื่องห้ามใช้ยานพาหนะที่มีน้ำหนัก น้ำหนักบรรทุกหรือน้ำหนักลงเพลากินกว่าที่ได้กำหนดหรือโดยที่ยานพาหนะนั้นอาจทำให้ทางหลวงเสียหายเดินบนทางหลวงพิเศษ ทางหลวงแผ่นดินและทางหลวงสัมปทาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2552 [5] ซึ่งได้แก้ไขเพิ่มเติมจากประกาศฯ ปี พ.ศ. 2548 ประกาศฉบับนี้กำหนดระยะห่างระหว่างสลักพ่วง (King Pin)



รูปที่ 1 รูปแบบยานพาหนะที่กำหนดไว้ในประกาศฯ ของกรมทางหลวง ปี พ.ศ. 2548 [2]

กับศูนย์กลางของเพลากี่ 1 (ระยะ S ในรูปที่ 1) ของยานพาหนะชนิดรถลากจูงและรถกึ่งพ่วง (Semi-Trailer) ตั้งแต่ 4.50-8.00 เมตรและน้ำหนักบรรทุกรวมตั้งแต่ 45,000-49,000 กิโลกรัมที่สอดคล้องกับระยะห่างระหว่างสลักพ่วงดังกล่าว สำหรับยานพาหนะชนิดรถลากจูงและรถพ่วง (Full Trailer) ได้กำหนดระยะระหว่างกึ่งกลางเพลาคู่ท้ายของรถลากจูงถึงกึ่งกลางเพลาคู่ท้ายของรถพ่วงต้องไม่น้อยกว่า 9.75 เมตร ซึ่งตั้งแต่ 1 ม.ค. 2556 เป็นต้นไป ยานพาหนะชนิดรถลากจูงและรถกึ่งพ่วง (Semi-Trailer) และยานพาหนะชนิดรถลากจูงและรถพ่วง (Full Trailer) จะต้องมียานพาหนะรวมน้ำหนักบรรทุกไม่เกิน 50,500 กิโลกรัม และปลายปี พ.ศ. 2552 กรมทางหลวงได้ออกประกาศผู้อำนวยการทางหลวงพิเศษ ผู้อำนวยการทางหลวงแผ่นดินและผู้อำนวยการทางหลวงสัมปทาน เรื่อง ห้ามใช้ยานพาหนะที่มีน้ำหนัก น้ำหนักบรรทุกหรือน้ำหนักลงเพลากินกว่าที่ได้กำหนดหรือโดยที่ยานพาหนะนั้นอาจทำให้ทางหลวงเสียหายเดินบนทางหลวงพิเศษ ทางหลวง

แผ่นดินและทางหลวงสัมปทาน (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2552 [6] โดยประกาศฯ ฉบับนี้ได้กำหนดให้ตัวรถลากจูงและรถพ่วง (Full Trailer) แบบ Full50.5(2) (ตารางที่ 1) เมื่อเดินบนสะพานต้องเว้นระยะห่างจากยานพาหนะชนิดเดียวกันที่เดินรถอยู่ข้างหน้าไม่น้อยกว่า 200 เมตร ซึ่งบังคับใช้ถึงวันที่ 31 ธันวาคม 2554

หากจะพิจารณารูปแบบรถบรรทุกตามประกาศทั้งหมดของกรมทางหลวง ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2548-2552 ข้างต้น สามารถสรุปเป็นรูปแบบรถบรรทุก น้ำหนักลงเพลลา ระยะห่างระหว่างเพลลาและน้ำหนักรวม โดยมีรูปแบบรถบรรทุกแบบยานพาหนะชนิดรถเดี่ยว (Single Unit) 4 ประเภท แบบยานพาหนะชนิดรถลากจูงและรถกึ่งพ่วง (Semi-Trailer) 26 ประเภท และแบบยานพาหนะชนิดรถลากจูงและรถพ่วง (Full-Trailer) 14 ประเภท [7]

อนึ่ง กรมทางหลวงชนบทซึ่งเป็นอีกหน่วยงานหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับงานทางภายในประเทศ ได้กำหนดยานพาหนะที่สามารถวิ่งบนถนนในเขตความรับผิดชอบของกรมทางหลวงชนบทเอง เช่นเดียวกัน โดยออกประกาศผู้อำนวยการทางหลวงชนบท เรื่อง ห้ามใช้ยานพาหนะที่มีน้ำหนักน้ำหนักบรรทุกหรือน้ำหนักลงเพลลาเกินกว่าที่ได้กำหนดหรือโดยที่ยานพาหนะนั้นอาจทำให้ทางหลวงเสียหายเดินบนทางหลวงชนบท ในเขตความรับผิดชอบของกรมทางหลวงชนบท [8] ในประกาศฯ ฉบับนี้มีรายละเอียดน้ำหนักและรูปแบบรถบรรทุกคล้ายกับประกาศฯ ของกรมทางหลวง ปี พ.ศ. 2548 [2]

3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาผลกระทบการออกแบบสะพานเนื่องจากความแตกต่างของรูปแบบและน้ำหนักของรถบรรทุกจริงกับน้ำหนักบรรทุกจรตามมาตรฐาน AASHTO พบว่าในบางความยาวช่วงสะพานหรือในบางประเภทของรถบรรทุก หน่วยแรงที่คำนวณได้จากน้ำหนักบรรทุกจรตามมาตรฐาน AASHTO ให้ค่าที่ไม่มีความปลอดภัย [9,10] ซึ่งควรมีการปรับปรุงเพื่อให้สอดคล้องกับน้ำหนักบรรทุกจริงแต่ละพื้นที่ สำหรับประเทศไทย สมบัติและสมพร [11] ได้ศึกษาผลกระทบดังกล่าวด้วย โดยได้ตรวจสอบความปลอดภัยของคานสะพานเนื่องจากรถบรรทุกไทยวิ่งเป็นขบวนที่ระยะห่างระหว่างรถบรรทุกเท่าๆ กันและนำผลลัพธ์ที่ได้มาเปรียบเทียบกับ HS20-44 โดยได้ทำการเลือกรถบรรทุกที่เป็นที่นิยมในประเทศไทยจำนวน 7 ลักษณะ (จากทั้งหมด 72 ลักษณะตามประกาศของกรมทางหลวง) อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้ได้จำกัดความยาวของคานสะพานไว้เพียง 37.16 เมตร ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าหน่วยแรงในคานสะพานเนื่องจากรถบรรทุกประเภทที่ 3 (รถกึ่งพ่วงหนัก 38 ตัน) และ 6 (รถพ่วงหนัก 35 ตัน) มีค่ามากกว่าผลการคำนวณจาก HS20-44 สูงสุดถึง 26% และ 23% ตามลำดับ สอดคล้องกับข้อแนะนำโดยกรมทางหลวงที่ให้เพิ่มน้ำหนักบรรทุกของ AASHTO อีก 30% ในขณะที่กรณีการและสมโพธิ์ [12] ได้ทำการเปรียบเทียบหน่วยแรงที่เกิดขึ้นในคานสะพานเนื่องจากรถสิบล้อไทยที่บรรทุกน้ำหนักเกินจาก 21 ตันไปเป็น 26, 28 และ 35 ตัน

ตามลำดับ เปรียบเทียบกับ HS20-44 บนสะพานช่วงเดียวที่มีความยาวช่วงตั้งแต่ 10 ถึง 38 เมตร และจัดรถวิ่งเป็นขบวนติดกัน โดยรูปแบบของรถบรรทุกที่ใช้ในการวิเคราะห์จำลองมาจาก รถบรรทุกที่มีจำหน่ายอยู่ในประเทศไทย ผลการวิเคราะห์พบว่าสำหรับคานช่วงสั้นที่มีความยาว ช่วงไม่เกิน 15 เมตร การออกแบบสะพานโดยใช้ HS20-44 สามารถใช้แทนรถสิบล้อไทยขนาด 21 ตัน ได้อย่างปลอดภัย ในขณะที่ความยาวช่วงที่มีค่าเกิน 15 เมตร เป็นต้นไป ค่าหน่วยแรงสูงสุด เมื่อเปรียบเทียบกับ HS20-44 จะมีค่ามากกว่าถึง 94.69% สำหรับที่ความยาวช่วง 38 เมตรและ หากทำการเพิ่มน้ำหนักของรถสิบล้อไทยให้เป็น 28 และ 35 ตัน จะสร้างหน่วยแรงส่วนเกินเมื่อ เปรียบกับ HS20-44 ที่ความยาวสูงสุดคือ 38 เมตร ถึง 170.64% และ 238.30% ตามลำดับ ตัวอย่างงานวิจัยทั้งสองข้างต้นมีประโยชน์ต่องานออกแบบงานสะพานในประเทศไทยอย่างมาก อย่างไรก็ตามถ้าหากมีการพิจารณาความยาวช่วงคานที่หลากหลายและขนาดของรถบรรทุกที่ใช้กัน อยู่ในปัจจุบัน รวมถึงน้ำหนักแบบ UCL (Uniform Concentrated Load) ซึ่งอาจให้ค่าวิกฤติสำหรับ สะพานช่วงยาว จะทำให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้กว้างขวางมากยิ่งขึ้น

4. วิธีการศึกษา

4.1 รูปแบบการจำลองโครงสร้างและการจัดวางน้ำหนักบรรทุก

คานสะพานที่ใช้ในการวิเคราะห์เป็นแบบคานช่วงเดี่ยวธรรมดา (Simple Supported Beam) มี ช่วงความยาวที่แตกต่างกันคือ 5-10 เมตร (เพิ่มทีละ 1 เมตร) และ 10-60 เมตร (เพิ่มทีละ 2.5 เมตร)

การจัดวางน้ำหนักบรรทุกจร ได้กำหนดให้รถบรรทุกเพียงคันเดียวและรถบรรทุกหลายคัน เคลื่อนที่เป็นขบวนในแต่ละช่องจราจร ซึ่งกำหนดให้รถบรรทุกทุกประเภทมีระยะห่างระหว่างเพลาลังของรถคันหน้าถึงเพลาน้ำรถของคันที่ตามมามีระยะเท่ากับ 9.14 เมตร (30 ฟุต) [1: Appendix B] รถบรรทุกจะถูกจัดวางเป็นขบวนในลักษณะวิ่งไปในทิศทางและในช่องจราจรเดียวกัน โดยมีจำนวนรถบรรทุกเคลื่อนที่เต็มช่วงความยาวสะพาน และจัดให้รถบรรทุกที่มีน้ำหนักขนาด 75% วางสลับกันในขบวน ดังแสดงในรูปที่ 2 สะพานมีจำนวน 1 ช่องจราจรและมีทิศทางจราจร ไปในทิศทางเดียวกัน

4.2 รถบรรทุกที่ใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้าง

ในการศึกษา จะใช้น้ำหนักรถบรรทุกไทยตามประกาศฯ ปี พ.ศ. 2548 [2] โดยกรมทางหลวง รวมทั้งประกาศฯ เพิ่มเติมของปี พ.ศ. 2550 [3] และปี พ.ศ. 2552 [5,6] กับน้ำหนักบรรทุกจรตาม มาตรฐาน AASHTO โดยในการวิเคราะห์โครงสร้างสะพาน จะเลือกใช้รถบรรทุกบางรูปแบบที่มีผล ต่อแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เกิดขึ้นในโครงสร้าง เกณฑ์ที่ใช้ในการเลือกรถบรรทุกจะ

คำนึงถึง 3 ปัจจัยด้วยกัน คือ (1) น้ำหนักบรรทุก กล่าวคือหากรถบรรทุกประเภทเดียวกันนั้นมีความยาวช่วงรถหรือมีระยะห่างระหว่างเพลาท่ากันแล้วรถบรรทุกที่มีน้ำหนักมากกว่าก็จะทำให้เกิดแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดสูงกว่า (2) ระยะห่างระหว่างเพลา กล่าวคือหากรถบรรทุกมีระยะห่างระหว่างเพลาน้อยเมื่อแล่นต่อกันบนสะพานจะทำให้มีน้ำหนักมากกระทำบนสะพานมากกว่ารถบรรทุกที่มีระยะห่างระหว่างเพลามากกว่า อย่างไรก็ตามในการศึกษาจะพิจารณาระยะห่างระหว่างเพลามากที่สุดและน้อยที่สุดด้วย และ (3) ไม่พิจารณารูปแบบรถบรรทุกที่จะยกเลิกในวันที่ 31 ธันวาคม 2555 จากปัจจัยข้างต้น จะได้รถบรรทุกที่ใช้ในการวิเคราะห์โดยมีรูปแบบและน้ำหนักบรรทุกแบบ AASHTO (Truck และ UCL) 2 ประเภท แบบยานพาหนะชนิดรถเดี่ยว (Single Unit) 2 ประเภท แบบยานพาหนะชนิดรถลากจูงและรถกึ่งพ่วง (Semi-Trailer) 9 ประเภท และแบบยานพาหนะชนิดรถลากจูงและรถพ่วง (Full-Trailer) 4 ประเภท เท่านั้น ดังแสดงในตารางที่ 1

อย่างไรก็ตามในประกาศฯ ของกรมทางหลวงไม่ได้กำหนดระยะห่างระหว่างเพลารถบรรทุกหรือระยะห่างระหว่างเพลารถของตัวรถลากจูงกับเพลารถของตัวรถพ่วง (มีเพียงการกำหนดระยะห่างระหว่างเพลารถของตัวรถพ่วงเท่านั้น) ซึ่งระยะห่างของเพลาลดจนน้ำหนักที่ถ่ายลงแต่ละเพลานี้มีความสำคัญในการวิเคราะห์โครงสร้างสะพาน ดังนั้นจึงได้รวบรวมข้อมูลรถบรรทุกที่มีใช้และผลิตในประเทศตามประกาศฯ ทั้งนี้การวิเคราะห์โครงสร้างจะไม่รวมผลของแรงกระแทก (Impact) เนื่องจากสมมติให้ค่าแรงกระแทกระหว่างน้ำหนักบรรทุกจรตามมาตรฐาน AASHTO และรถบรรทุกไทยมีค่าเท่ากัน

อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์โครงสร้างเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกเคลื่อนที่โดยอาศัยหลักการของเส้นอิทธิพล (Influence Line) เพื่อหาค่าแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดสูงสุดมีความยุ่งยากและรูปแบบรถบรรทุกมีปริมาณมาก จึงได้นำโปรแกรมคอมพิวเตอร์เข้ามาเป็นเครื่องมือช่วยในการคำนวณเพื่อหาหน่วยแรงสูงสุดและตำแหน่งของรถบรรทุกบนสะพานที่ทำให้เกิดหน่วยแรงสูงสุดด้วย

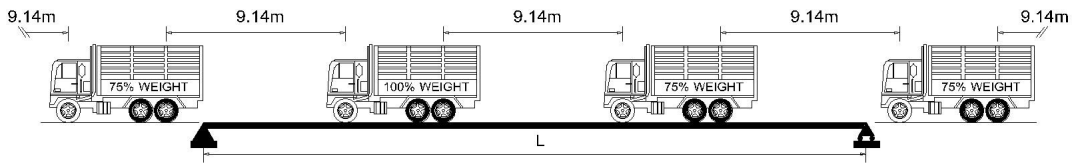
5. ผลการศึกษา

5.1 แรงเฉือนสูงสุดและสัดส่วนแรงเฉือน

จากการวิเคราะห์คานสะพานช่วงเดี่ยวธรรมดาเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกจรตามมาตรฐาน AASHTO และน้ำหนักบรรทุกไทยตามตารางที่ 1 พบว่าแรงเฉือนสูงสุดเกิดที่บริเวณฐานรองรับและมีความมากขึ้นเมื่อความยาวช่วงคานมากขึ้น รูปที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงเฉือนสูงสุดกับช่วงความยาวสะพาน โดยแรงเฉือนสูงสุดในแต่ละช่วงความยาวสะพานจะเกิดจากรถบรรทุกต่างชนิดกัน เมื่อพิจารณาช่วงความยาวสะพาน 15 และ 20 เมตร จะเห็นว่าแรงเฉือนสูงสุดเกิดจากรถลากจูงและรถพ่วง (Full Trailer) แบบ Full50.5(1) โดยที่ช่วงความยาวอื่นๆ เกิดจากรถลากจูงและ

รถกึ่งพ่วง (Semi-Trailer) จากผลการวิเคราะห์พบว่ารถบรรทุกที่มีน้ำหนักรวมมากที่สุดไม่จำเป็นต้องทำให้เกิดค่าแรงเฉือนสูงสุดในแต่ละช่วงความยาวสะพาน

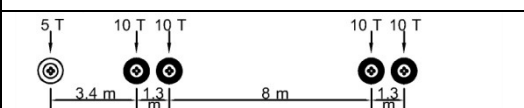
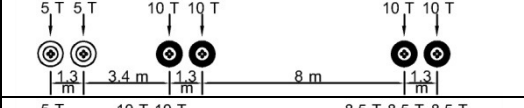
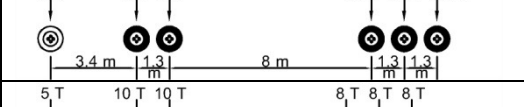
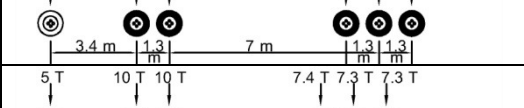
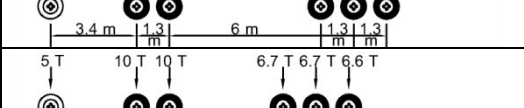
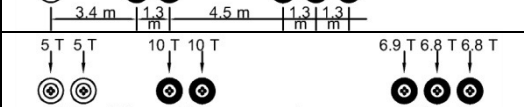
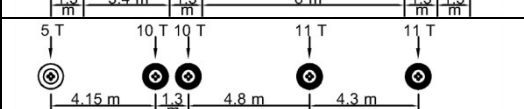
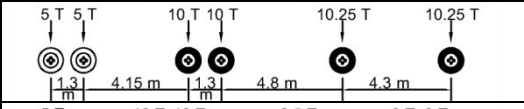
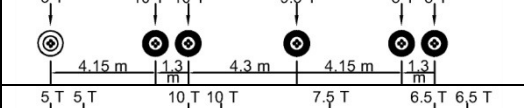
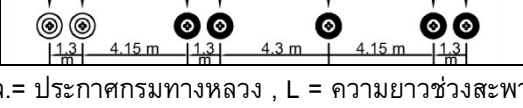
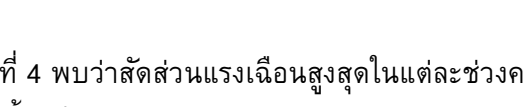
จากผลการวิเคราะห์โครงสร้างสะพาน เมื่อนำแรงเฉือนสูงสุดที่ได้จากรถบรรทุกไทยเปรียบเทียบกับที่ได้จากน้ำหนักบรรทุกจรตามมาตรฐาน AASHTO (HS20-44(Max.)) จะได้สัดส่วนแรงเฉือนสำหรับรถบรรทุกไทยกับ HS20-44(Max.) ดังตารางที่ 2 จะเห็นว่าสัดส่วนแรงเฉือนสูงสุดในแต่ละช่วงความยาวสะพานเกิดขึ้นเนื่องจากรถบรรทุกต่างชนิดกัน (ช่องที่แรงเฉือน) จากนั้นจึงนำค่าสัดส่วนแรงเฉือนสูงสุดของรถบรรทุกไทยทุกประเภทในแต่ละช่วงสะพานมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนแรงเฉือนสูงสุด (SR) กับความยาวช่วงสะพาน



รูปที่ 2 คาบสะพานและรูปแบบการวางน้ำหนักบรรทุกเป็นขบวน (Truck Train Loading)

ตารางที่ 1 รูปแบบและน้ำหนักบรรทุกที่ใช้ในการวิเคราะห์

รูปแบบรถ	น้ำหนักต่อเพล (ตัน)	น้ำหนักรวม (ตัน)	หมายเหตุ
HS20-44(Truck)	3.57 T (35 kN) 14.78 T (145 kN) 14.78 T (145 kN) 	33.14	AASHTO [1]
HS20-44(UCL)	CONCENTRATED LOAD 8.16 T (80 kN) FOR MOMENT 11.83 T (116 kN) FOR SHEAR UNIFORM LOAD 0.95 T/m (9.3 kN/m) 	0.95L+8.16 0.95L+11.83	AASHTO [1]
Truck25	5 T 10 T 10 T 	25	ปทล.(2548) หมวด 2 ข้อ 15
Truck30	5 T 5 T 10 T 10 T 	30	ปทล.(2548) หมวด 2 ข้อ 18
Semi36	5 T 10 T 10 T 11 T 	36	ปทล.(2548) หมวด 2 ข้อ 19(2)
Semi41	5 T 5 T 10 T 10 T 11 T 	41	ปทล.(2548) หมวด 2 ข้อ 19(2)

รูปแบบรถ	น้ำหนักต่อเพลลา (ตัน)	น้ำหนักรวม (ตัน)	หมายเหตุ
Semi45(1)		45	ปทล.(2548) หมวด 2 ข้อ 19(4)
Semi50		50	ปทล.(2548) หมวด 2 ข้อ 19(4)
Semi50.5(1)		50.5	ปทล.(2548) หมวด 2 ข้อ 19(5)
Semi49		49	ปทล.(2552) ข้อ 19/3(1)
Semi47		47	ปทล.(2552) ข้อ 19/3(2)
Semi45(2)		45	ปทล.(2552) ข้อ 19/3(3)
Semi50.5(2)		50.5	ปทล.(2552) ข้อ 19/4
Full47		47	ปทล.(2548) หมวด 2 ข้อ 20(2)
Full50.5(3)		50.5	ปทล.(2552) ข้อ 20/3 (เริ่มใช้ 1 ม.ค. 56)
Full50.5(1)		50.5	ปทล.(2552) ข้อ 20/1 (เริ่มใช้ 1 ม.ค. 56)
Full50.5(2)		50.5	ปทล.(2552) ข้อ 20/2 (เริ่มใช้ 1 ม.ค. 56)

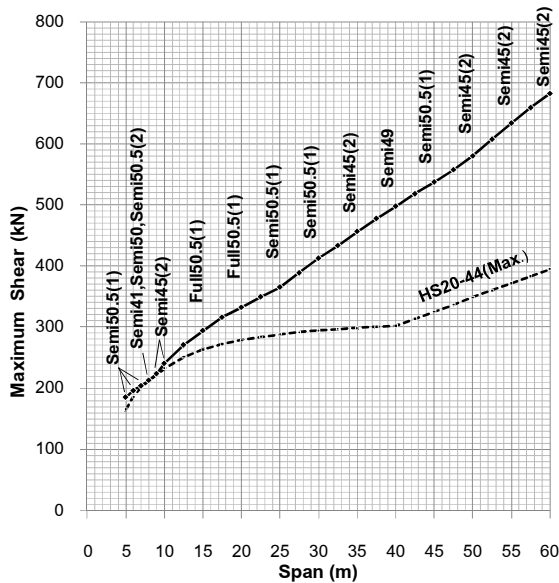
หมายเหตุ : ปทล.= ประกาศกรมทางหลวง , L = ความยาวช่วงสะพาน

(L:เมตร) ดังรูปที่ 4 พบว่าสัดส่วนแรงเฉือนสูงสุดในแต่ละช่วงความยาวสะพานมีค่ามากกว่า 1.00 แสดงว่าหากใช้น้ำหนักบรรทุกจรตามมาตรฐาน AASHTO ในการวิเคราะห์โครงสร้างสะพาน จะต้องเพิ่มค่าแรงเฉือนที่ได้ขึ้นไปอีกเพื่อให้สอดคล้องกับน้ำหนักบรรทุกจรตามประกาศฉบับต่างๆ ของกรมทางหลวง เพื่อความสะดวกในการวิเคราะห์โครงสร้างสะพานในทางปฏิบัติ จึงได้เสนอ สัดส่วนแรงเฉือนสำหรับคูณเพิ่มกับแรงเฉือนสูงสุดที่ได้จาก HS20-44(Max.) ตามเส้นประในรูปที่ 4

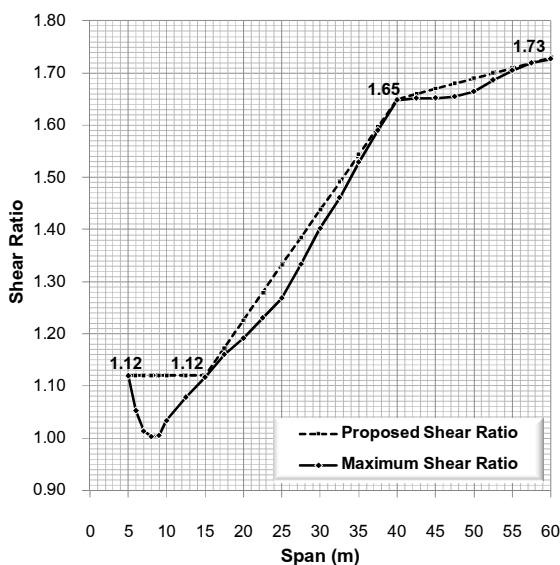
สัดส่วนแรงเฉือนสามารถแบ่งเป็น 3 ช่วง คือ (1) SR มีค่าเท่ากับ 1.12 คงที่ เมื่อ $5 \leq L \leq 15$ (2) SR มีค่าเท่ากับ 1.12-1.65 เมื่อ $15 \leq L \leq 40$ สัดส่วนแรงเฉือนมีค่าเพิ่มขึ้นและแปรผันตรงกับความยาวช่วงสะพาน ซึ่งเขียนเป็นสมการอย่างง่ายคือ $SR=0.0212L+0.802$ และ (3) SR มีค่าเท่ากับ 1.65-1.73 เมื่อ $40 \leq L \leq 60$ สัดส่วนแรงเฉือนมีค่าเพิ่มขึ้นและแปรผันตรงกับความยาวช่วงสะพาน ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการอย่างง่ายคือ $SR=0.0040L+1.490$

5.2 โมเมนต์ดัดสูงสุดและสัดส่วนโมเมนต์ดัด

จากการวิเคราะห์คานสะพานช่วงเดี่ยวธรรมดาเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกจรตามมาตรฐาน AASHTO และน้ำหนักรถบรรทุกไทยตามตารางที่ 1 พบว่าโมเมนต์ดัดสูงสุดเกิดที่บริเวณกึ่งกลางคานและมากขึ้นเมื่อความยาวช่วงคานมากขึ้น รูปที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนต์ดัดสูงสุดกับช่วงความยาวสะพาน โดยโมเมนต์ดัดสูงสุดในแต่ละช่วงความยาวสะพานจะเกิดจากรถบรรทุกต่างชนิดกัน เมื่อพิจารณาช่วงความยาวสะพาน 25 และ 30 เมตร จะเห็นว่าโมเมนต์ดัดสูงสุดเกิดจากรถลากจูงและรถพ่วง (Full Trailer) แบบ Full50.5(3) และช่วงความยาวสะพาน 35 และ 40 เมตร โมเมนต์ดัดสูงสุดเกิดจากรถลากจูงและรถพ่วง (Full Trailer) แบบ Full50.5(1) โดยที่ช่วงความยาวอื่นๆ โมเมนต์ดัดสูงสุดเกิดจากรถลากจูงและรถกึ่งพ่วง (Semi-Trailer) จากผลการวิเคราะห์พบว่ารถบรรทุกที่มีน้ำหนักรวมมากที่สุดไม่จำเป็นต้องทำให้เกิดโมเมนต์ดัดสูงสุดในแต่ละช่วงความยาวสะพานเช่นเดียวกับกรณีของแรงเฉือนสูงสุด



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงเฉือนสูงสุดกับความยาวช่วงสะพาน



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนแรงเฉือนสูงสุดกับความยาวช่วงสะพาน

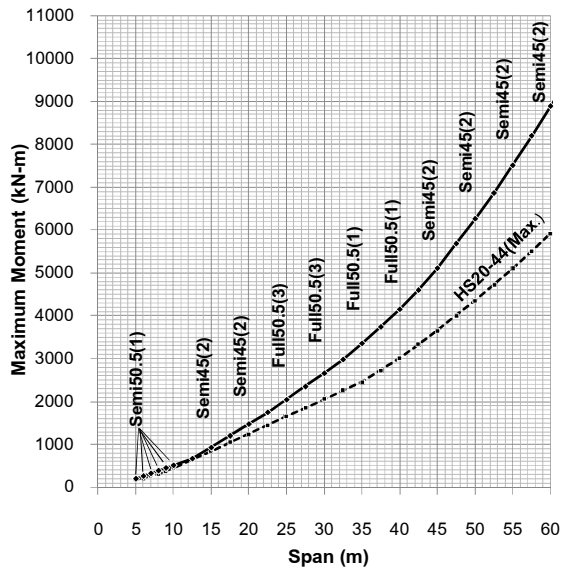
จากผลการวิเคราะห์โครงสร้างสะพาน เมื่อนำโมเมนต์ดัดสูงสุดที่ได้จากรถบรรทุกไทยเปรียบเทียบกับที่ได้จากน้ำหนักบรรทุกจรตามมาตรฐาน AASHTO (HS20-44(Max.)) จะได้สัดส่วนโมเมนต์ดัดสำหรับรถบรรทุกไทยกับ HS20-44(Max.) ดังตารางที่ 3 จะเห็นว่าสัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดในแต่ละช่วงความยาวสะพานเกิดขึ้นเนื่องจากรถบรรทุกต่างชนิดกัน (ช่องที่แรงเงา) จากนั้นจึงนำค่าสัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดของรถบรรทุกไทยทุกประเภทในแต่ละช่วงสะพานมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุด (MR) กับความยาวช่วงสะพาน (L:เมตร) ดังรูปที่ 6 พบว่าสัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดในแต่ละช่วงความยาวสะพานมีค่ามากกว่า 1.00 แสดงว่าหากใช้น้ำหนักบรรทุกจรตามมาตรฐาน AASHTO ในการวิเคราะห์โครงสร้างสะพานจะต้องเพิ่มโมเมนต์ดัดที่ได้ขึ้นไปอีกเพื่อให้สอดคล้องกับน้ำหนักบรรทุกตามประกาศฉบับต่างๆ ของกรมทางหลวง เพื่อความสะดวกในการวิเคราะห์โครงสร้างสะพานในทางปฏิบัติ จึงได้เสนอสัดส่วนโมเมนต์ดัดสำหรับคูณเพิ่มกับโมเมนต์ดัดสูงสุดที่ได้จาก HS20-44(Max.) ตามเส้นประในรูปที่ 6 ในทำนองเดียวกับกรณีสัดส่วนแรงเฉือน สัดส่วนโมเมนต์ดัดสามารถแบ่งเป็น 3 ช่วงเช่นเดียวกัน คือ (1) MR มีค่าเท่ากับ 1.27 คงที่ เมื่อ $5 \leq L \leq 28$ (2) MR มีค่าเท่ากับ 1.27-1.37 เมื่อ $28 \leq L \leq 35$ สัดส่วนโมเมนต์ดัดมีค่าเพิ่มขึ้นและแปรผันตรงกับความยาวช่วงสะพาน ซึ่งเขียนเป็นสมการอย่างง่ายคือ $MR=0.0143L+0.87$ และ (3) MR มีค่าเท่ากับ 1.37-1.51 เมื่อ $35 \leq L \leq 60$ สัดส่วนโมเมนต์ดัดมีค่าเพิ่มขึ้นและแปรผันตรงกับความยาวช่วงสะพาน ซึ่งเขียนเป็นสมการอย่างง่ายคือ $MR=0.0056L+1.174$

ตารางที่ 2 สัดส่วนแรงเฉือนระหว่างรถบรรทุกไทยกับ HS20-44(Max.)

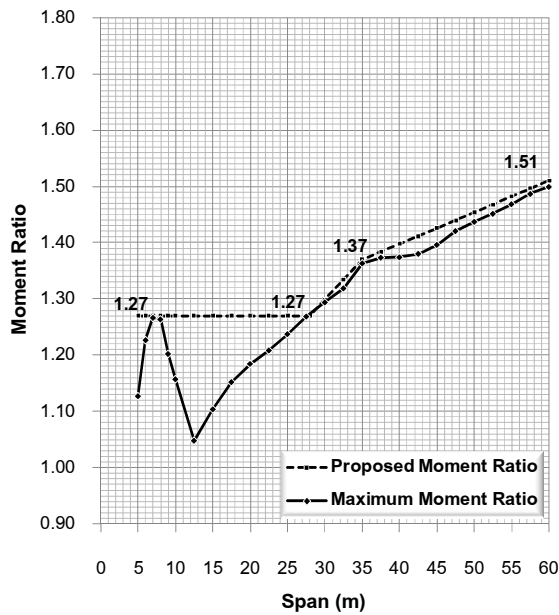
Vehicle Types	Shear Ratio																										
	Span (m)																										
	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	12.5	15.0	17.5	20.0	22.5	25.0	27.5	30.0	32.5	35.0	37.5	40.0	42.5	45.0	47.5	50.0	52.5	55.0	57.5	60.0	
HS20-44(Truck)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	0.94	0.91	0.88	0.85	0.83	0.81	0.78
HS20-44(Lane)	0.84	0.77	0.74	0.72	0.71	0.70	0.69	0.71	0.73	0.75	0.78	0.81	0.84	0.87	0.90	0.93	0.97	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
HS20-44(Max)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Truck25	1.03	0.96	0.94	0.92	0.91	0.88	0.85	0.84	0.89	0.93	0.98	1.02	1.05	1.09	1.15	1.21	1.28	1.33	1.33	1.36	1.35	1.36	1.36	1.37	1.36	1.37	1.37
Truck30	1.03	0.96	0.95	0.96	0.96	0.95	0.94	0.93	0.96	1.02	1.07	1.12	1.17	1.21	1.25	1.32	1.38	1.45	1.47	1.47	1.47	1.48	1.49	1.50	1.51	1.51	1.51
Semi36	1.05	1.00	0.97	0.95	0.92	0.90	0.86	0.87	0.89	0.90	0.92	0.98	1.04	1.08	1.13	1.17	1.22	1.25	1.25	1.25	1.27	1.29	1.30	1.31	1.31	1.32	1.32
Semi41	1.05	1.00	1.00	1.00	1.00	0.98	0.96	0.95	0.98	1.01	1.03	1.07	1.12	1.18	1.23	1.28	1.32	1.37	1.38	1.37	1.37	1.39	1.40	1.42	1.43	1.43	1.43
Semi45(1)	1.05	1.00	0.97	0.95	0.92	0.90	0.90	0.98	1.04	1.09	1.12	1.17	1.24	1.29	1.33	1.40	1.46	1.52	1.52	1.52	1.52	1.53	1.54	1.54	1.55	1.57	1.57
Semi50	1.05	1.00	1.00	1.00	1.00	0.98	0.96	0.98	1.06	1.13	1.18	1.22	1.29	1.35	1.40	1.45	1.52	1.59	1.60	1.60	1.60	1.60	1.61	1.62	1.62	1.63	1.63
Semi50.5(1)	1.12	1.05	1.01	0.99	0.96	0.94	0.97	1.05	1.13	1.19	1.23	1.27	1.33	1.40	1.46	1.51	1.58	1.64	1.65	1.65	1.65	1.64	1.65	1.67	1.67	1.67	1.67
Semi49	1.05	1.00	0.97	0.95	0.92	0.90	0.98	1.06	1.13	1.18	1.22	1.26	1.33	1.40	1.45	1.51	1.58	1.65	1.65	1.65	1.64	1.65	1.66	1.67	1.67	1.69	1.69
Semi47	1.05	1.00	0.97	0.95	0.92	0.92	1.01	1.06	1.12	1.16	1.19	1.25	1.31	1.37	1.43	1.50	1.57	1.63	1.63	1.62	1.63	1.64	1.65	1.66	1.67	1.69	1.69
Semi45(2)	1.05	1.00	0.97	0.97	1.01	1.03	1.08	1.10	1.13	1.16	1.20	1.26	1.32	1.39	1.46	1.53	1.59	1.64	1.64	1.64	1.65	1.66	1.69	1.70	1.72	1.73	1.73
Semi50.5(2)	1.05	1.00	1.00	1.00	1.00	0.98	0.96	0.95	0.99	1.05	1.11	1.16	1.21	1.28	1.34	1.39	1.44	1.50	1.52	1.53	1.53	1.53	1.54	1.55	1.55	1.55	1.55
Full47	1.03	0.96	0.95	0.97	0.98	0.97	1.03	1.08	1.11	1.14	1.17	1.21	1.27	1.32	1.39	1.45	1.51	1.57	1.56	1.56	1.55	1.56	1.57	1.58	1.60	1.61	1.61
Full50.5(3)	1.03	0.96	0.95	0.96	0.96	0.96	1.01	1.06	1.08	1.11	1.15	1.19	1.24	1.30	1.36	1.42	1.49	1.55	1.56	1.57	1.57	1.57	1.58	1.58	1.59	1.59	1.59
Full50.5(1)	1.03	0.97	0.98	0.98	0.98	0.97	1.05	1.12	1.16	1.19	1.23	1.26	1.33	1.38	1.45	1.51	1.58	1.64	1.64	1.64	1.64	1.63	1.64	1.65	1.66	1.68	1.68
Full50.5(2)	1.03	0.97	0.96	0.96	0.96	0.95	0.99	1.04	1.07	1.09	1.13	1.16	1.21	1.28	1.34	1.39	1.45	1.52	1.52	1.53	1.53	1.53	1.53	1.54	1.54	1.55	1.55
Proposed	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.17	1.23	1.28	1.33	1.39	1.44	1.49	1.54	1.60	1.65	1.66	1.67	1.68	1.69	1.70	1.71	1.72	1.73	1.73

ตารางที่ 3 สัดส่วนโมเมนต์ดัดระหว่างรถบรรทุกไทยกับ HS20-44(Max.)

Vehicle Types	Moment Ratio																										
	Span (m)																										
	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	12.5	15.0	17.5	20.0	22.5	25.0	27.5	30.0	32.5	35.0	37.5	40.0	42.5	45.0	47.5	50.0	52.5	55.0	57.5	60.0	
HS20-44(Truck)	1.00	1.00	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.98	0.95	0.92	0.89	0.87	0.84	0.82	0.80	0.78	0.76	
HS20-44(Lane)	0.96	0.99	1.00	0.99	0.94	0.91	0.85	0.83	0.83	0.84	0.86	0.88	0.90	0.93	0.96	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
HS20-44(Max)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Truck25	1.02	1.08	1.09	1.07	1.02	1.00	0.94	0.89	0.87	0.85	0.85	0.85	0.89	0.93	0.97	1.03	1.07	1.09	1.10	1.11	1.11	1.11	1.11	1.12	1.13	1.14	1.14
Truck30	1.02	1.08	1.09	1.07	1.02	1.00	0.98	0.96	0.95	0.94	0.95	0.97	0.99	1.02	1.07	1.12	1.16	1.19	1.20	1.22	1.23	1.24	1.24	1.24	1.25	1.26	1.26
Semi36	1.02	1.08	1.09	1.11	1.07	1.04	0.96	0.92	0.90	0.93	0.95	0.97	0.99	1.02	1.05	1.07	1.08	1.07	1.08	1.09	1.10	1.12	1.13	1.14	1.15	1.16	1.16
Semi41	1.02	1.08	1.09	1.11	1.08	1.07	1.03	1.00	0.98	1.01	1.04	1.07	1.09	1.12	1.15	1.18	1.18	1.18	1.17	1.19	1.19	1.20	1.22	1.23	1.24	1.26	1.26
Semi45(1)	1.02	1.08	1.09	1.11	1.07	1.04	0.96	0.92	0.92	0.99	1.04	1.07	1.10	1.13	1.19	1.24	1.26	1.26	1.26	1.28	1.29	1.30	1.32	1.33	1.34	1.35	1.35
Semi50	1.02	1.08	1.09	1.11	1.08	1.07	1.03	1.00	0.98	1.05	1.11	1.16	1.20	1.23	1.27	1.33	1.35	1.35	1.36	1.36	1.37	1.38	1.39	1.41	1.42	1.43	1.43
Semi50.5(1)	1.13	1.23	1.27	1.26	1.20	1.16	1.05	0.98	0.96	1.02	1.07	1.12	1.17	1.21	1.25	1.32	1.35	1.36	1.36	1.36	1.37	1.39	1.39	1.41	1.43	1.44	1.44
Semi49	1.06	1.15	1.19	1.19	1.13	1.09	0.99	0.93	0.99	1.05	1.11	1.15	1.18	1.22	1.27	1.33	1.35	1.36	1.36	1.37	1.38	1.39	1.41	1.43	1.44	1.45	1.45
Semi47	1.02	1.08	1.09	1.11	1.07	1.04	0.96	0.97	1.05	1.11	1.15	1.18	1.20	1.23	1.28	1.33	1.35	1.35	1.35	1.37	1.38	1.40	1.42	1.43	1.44	1.45	1.45
Semi45(2)	1.02	1.08	1.09	1.11	1.07	1.04	1.03	1.10	1.15	1.18	1.21	1.23	1.24	1.26	1.30	1.35	1.36	1.36	1.38	1.40	1.42	1.44	1.45	1.47	1.49	1.50	1.50
Semi50.5(2)	1.02	1.08	1.09	1.11	1.08	1.07	1.03	1.00	0.98	1.01	1.08	1.13	1.17	1.21	1.24	1.29	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.34	1.35	1.35	1.37	1.38	1.38
Full47	1.02	1.08	1.09	1.07	1.02	1.01	1.01	1.03	1.06	1.12	1.16	1.19	1.21	1.23	1.27	1.30	1.31	1.31	1.31	1.31	1.32	1.33	1.35	1.37	1.38	1.39	1.39
Full50.5(3)	1.02	1.08	1.09	1.07	1.02	1.00	1.00	1.04	1.08	1.14	1.20	1.24	1.27	1.29	1.32	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.37	1.38	1.40	1.41	1.42	1.42
Full50.5(1)	1.02	1.08	1.09	1.07	1.04	1.04	1.03	1.03	1.07	1.14	1.19	1.23	1.26	1.28	1.32	1.36	1.37	1.37	1.38	1.38	1.38	1.40	1.41	1.43	1.44	1.46	1.46
Full50.5(2)	1.02	1.08	1.09	1.07	1.03	1.02	1.00	1.04	1.06	1.11	1.17	1.21	1.25	1.28	1.30	1.34	1.34	1.34	1.34	1.34	1.34	1.34	1.34	1.35	1.36	1.38	1.39
Proposed	1.27	1.27	1.27	1.27	1.27	1.27	1.27	1.27	1.27	1.27	1.27	1.27	1.27	1.27	1.30	1.33	1.37	1.38	1.40	1.41	1.43	1.44	1.45	1.47	1.48	1.50	1.51



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนต์ดัดสูงสุดกับความยาวช่วงสะพาน



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดกับความยาวช่วงสะพาน

แม้ว่าการหาสัดส่วนแรงเฉือนและสัดส่วนโมเมนต์ดัดแบบแปรผันตรงและเพิ่มขึ้นตามความยาวช่วงสะพานตามที่เสนอซึ่งจะต้องแทนค่าความยาวช่วงสะพานลงในสมการซึ่งอาจจะมีค่ามากกว่าการกำหนดสัดส่วนดังกล่าวแบบคงที่ที่ความยาวช่วงใดช่วงหนึ่ง (เช่น $MR=1.27$ เมื่อ $5 \leq L \leq 28$, $MR=1.37$ เมื่อ $28 \leq L \leq 35$, $MR=1.51$ เมื่อ $35 \leq L \leq 60$ เป็นต้น) แต่สัดส่วนที่ได้เมื่อนำไปปรับเพิ่มค่ากับน้ำหนักบรรทุกจรตามมาตรฐาน AASHTO (HS20-44(Max.) แล้วจะให้ผลตอบสนองของโครงสร้างที่ใกล้เคียงกับที่ได้จากรถบรรทุกไทยมากกว่า

6. สรุปและข้อเสนอแนะ

บทความนี้ได้ศึกษาพฤติกรรมการรับน้ำหนักของสะพานช่วงเดี่ยวธรรมดาเนื่องจากรถบรรทุกไทยตามประกาศ ของกรมทางหลวง [2,3,5,6] เปรียบเทียบกับน้ำหนักบรรทุกจรตามมาตรฐาน AASHTO โดยคานสะพานมีความยาวช่วงตั้งแต่ 5-60 เมตร จากการศึกษาพบว่าแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดสูงสุดในแต่ละช่วงความยาวสะพานจะเกิดจากรถบรรทุกต่างชนิดกันและรถบรรทุกที่มีน้ำหนักรวมมากที่สุดไม่จำเป็นต้องทำให้เกิดแรงเฉือนหรือโมเมนต์ดัดสูงสุด จากนั้นจึงทำการหาสัดส่วนแรงเฉือน (SR) และสัดส่วนโมเมนต์ดัด (MR) เนื่องจากน้ำหนักบรรทุกทุกไทยกับน้ำหนักบรรทุกตามมาตรฐาน AASHTO ที่สัมพันธ์กับความยาวช่วงสะพาน เพื่อเป็นการเปรียบเทียบและนำไปปรับค่าน้ำหนักบรรทุกจรตามมาตรฐาน AASHTO สำหรับการวิเคราะห์ออกแบบสะพานภายในประเทศไทย จากผลการศึกษา พบว่าสัดส่วนแรงเฉือน (SR) และสัดส่วนโมเมนต์ดัด (MR) กับความยาวช่วงสะพาน (L) มีความสัมพันธ์เป็นเชิงเส้นโดยสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ช่วงตามความยาวช่วงของสะพาน

สำหรับการศึกษาในครั้งนี้ได้จำลองคานสะพานหน้าตัดคงที่แบบรองรับช่วงเดี่ยวธรรมดาเท่านั้น อย่างไรก็ตาม เพื่อให้สัดส่วนดังกล่าวสามารถประยุกต์ใช้ได้อย่างถูกต้องแม่นยำมากขึ้นควรมีการตรวจสอบสัดส่วนดังกล่าวอีกครั้งด้วยการวิเคราะห์โครงสร้างอย่างละเอียด โดยจำลองโครงสร้างแบบ 3 มิติ สำหรับสะพานรูปแบบอื่นๆ รวมถึงควรศึกษาคานสะพานช่วงยาวต่อเนื่องด้วย ซึ่งผลที่ได้สามารถนำมาเป็นข้อมูลในการปรับปรุงมาตรฐานการออกแบบสะพานในประเทศไทยในอนาคตได้

เอกสารอ้างอิง

- [1] AASHTO. (2002). **AASHTO Standard Specifications for Highway Bridges**. 17th. AASHTO. Washington DC.
- [2] “ประกาศผู้อำนวยการทางหลวงพิเศษ ผู้อำนวยการทางหลวงแผ่นดินและผู้อำนวยการทางหลวงสัมปทาน เรื่อง ห้ามใช้ยานพาหนะที่มีน้ำหนัก น้ำหนักบรรทุกหรือน้ำหนักลงเพลาเกินกว่าที่ได้กำหนดหรือโดยที่ยานพาหนะนั้นอาจทำให้ทางหลวงเสียหายเดินบนทางหลวงพิเศษทางหลวงแผ่นดินและทางหลวงสัมปทาน”. (2548). **ราชกิจจานุเบกษา**. เล่มที่ 122 ตอนพิเศษ 150 ง. 28 ธันวาคม 2548 หน้า 19-25
- [3] กรมทางหลวง. **หนังสืออนุญาตที่ คค0606/9704**. 21 ธันวาคม 2550.
- [4] กรมทางหลวง. “ประกาศกรมทางหลวงที่ คค0643/530. หลักเกณฑ์การขออนุญาตให้ใช้ยานพาหนะเดินบนทางหลวงพิเศษทางหลวงแผ่นดิน และทางหลวงสัมปทาน ตามประกาศผู้อำนวยการทางหลวงพิเศษทางหลวงแผ่นดิน และทางหลวงสัมปทาน”. ลงวันที่ 22 ธันวาคม 2548. - 30 กันยายน 2551.
- [5] “ประกาศผู้อำนวยการทางหลวงพิเศษ ผู้อำนวยการทางหลวงแผ่นดินและผู้อำนวยการทางหลวงสัมปทาน เรื่อง ห้ามใช้ยานพาหนะที่มีน้ำหนัก น้ำหนักบรรทุกหรือน้ำหนักลงเพลาเกินกว่าที่ได้กำหนดหรือโดยที่ยานพาหนะนั้นอาจทำให้ทางหลวงเสียหายเดินบนทางหลวงพิเศษทางหลวงแผ่นดินและทางหลวงสัมปทาน (ฉบับที่ 2)” (2552). **ราชกิจจานุเบกษา**. เล่มที่ 122 ตอนพิเศษ 92 ง. 30 มิถุนายน 2552. หน้า 2-7
- [6] “ประกาศผู้อำนวยการทางหลวงพิเศษ ผู้อำนวยการทางหลวงแผ่นดินและผู้อำนวยการทางหลวงสัมปทาน เรื่อง ห้ามใช้ยานพาหนะที่มีน้ำหนัก น้ำหนักบรรทุกหรือน้ำหนักลงเพลาเกินกว่าที่ได้กำหนดหรือโดยที่ยานพาหนะนั้นอาจทำให้ทางหลวงเสียหายเดินบนทางหลวงพิเศษทางหลวงแผ่นดินและทางหลวงสัมปทาน (ฉบับที่ 3)” (2552). **ราชกิจจานุเบกษา**. เล่มที่ 126 ตอนพิเศษ 174 ง. 30 พฤศจิกายน 2552. หน้า 116-117
- [7] จุฬารัตน์ สุริโย, มาริณี หมาดเสน และ อนุพงศ์ ดำเชื้อ. (2552). **การศึกษาพฤติกรรมมารับน้ำหนักของสะพานช่วงเดี่ยวแบบรองรับธรรมชาติเนื่องจากน้ำหนักรถบรรทุกไทย**. ปรินทิพพานิช. สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา. คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต.
- [8] “ประกาศผู้อำนวยการทางหลวงชนบท เรื่อง ห้ามใช้ยานพาหนะที่มีน้ำหนัก น้ำหนักบรรทุกหรือน้ำหนักลงเพลาเกินกว่าที่ได้กำหนดหรือโดยที่ยานพาหนะนั้นอาจทำให้ทางหลวงเสียหายเดินบนทางหลวงชนบท ในเขตความรับผิดชอบของกรมทางหลวงชนบท”. (2548). **ราชกิจจานุเบกษา**. เล่มที่ 122 ตอนพิเศษ 151 ง. 29 ธันวาคม 2548. หน้า 9-13

- [9] Tabsh, S. W. and Tabatabai, M. (2001). "Live load distribution in girder bridges subject to oversized trucks". **Journal of Bridge Engineering**. Vol.6. No.1. Jan-Feb.
- [10] Barker, R. M. and Puckett, J. A. (2005). **Design of highway bridge : An LRFD approach**. 2nd. John Wiley and Son, Inc.
- [11] สมบัติ ศรีธเนศ และ สมพร อรรถเศรณีวงศ์.(2542). "การตรวจสอบความปลอดภัยของโครงสร้างส่วนบนโครงการดอนเมืองโทลล์เวย์เนื่องจากน้ำหนักบรรทุกไทย". การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 5. 24-26 มีนาคม 2542.
- [12] กรรณิการ์ ริมดุสิต และ สมโพธิ์ วิวิธเกตุรวงศ์. (2548) "การเปรียบเทียบโมเมนต์ดัดและแรงเฉือนของคานสะพานช่วงเดี่ยวที่เกิดจากรถบรรทุกสิบล้อและรถบรรทุกมาตรฐานของสมาคมทางหลวงและการขนส่งสหรัฐอเมริกา". การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 43. สาขาวิศวกรรมศาสตร์-สาขาสถาปัตยกรรมศาสตร์. กรุงเทพฯ. 2548.

ประวัติผู้เขียนบทความ



อ.ดร. สุนธิ สุภาพ
อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมโยธา
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
nisuparp@hotmail.com,



อ.ดร. ภาณุวัฒน์ จ้อยกั๊ต
อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมโยธา
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
joy.civil@gmail.com,