วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2022.04.007

บทความวิจัย

อัตราส่วนความกว้างต่อความลึกของบ่ารองรับรอยต่อคอนกรีตพื้นสะพานที่เหมาะสมสำหรับป้องกันการชำรุดเนื่องจากน้ำหนักล้อรถบรรทุก

คุณานนท์ งามขำ[1*] และ กิตติภูมิ รอดสิน[2]

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมการก่อสร้าง, ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมการโยธาและสิ่งแวดล้อม, วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
[2] ศูนย์วิจัยพลศาสตร์โครงสร้างและการจัดการเมือง (CESD), วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
[*] ผู้ประสานงานเผยแพร่ (Corresponding Author), E-mail: armarmkunanon@gmail.com

วันที่รับบทความ: 6 พฤศจิกายน 2564; วันที่ทบทวนบทความ: 22 กุมภาพันธ์ 2565; วันที่ตอบรับบทความ: 24 กุมภาพันธ์ 2565
วันที่เผยแพร่ออนไลน์: 27 เมษายน 2565

บทคัดย่อ: งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อหาอัตราส่วนความกว้างต่อความลึกของบ่ารองรับรอยต่อคอนกรีตพื้นสะพานที่เหมาะสมสำหรับป้องกันการชำรุดเนื่องจากน้ำหนักล้อรถบรรทุก โดยในงานวิจัยนี้จะทำการทดสอบบ่ารองรับรอยต่อพื้นสะพานที่มีอัตราส่วนความกว้างต่อความลึก (Aspect Ratio) ของบ่าที่แตกต่างกันจำนวน 6 รูปแบบ การทดสอบจะจำลองแรงกระทำจากล้อรถบรรทุกและแรงเบรคกระทำกับรอยต่อ ผลการทดสอบพบว่ากำลังรับน้ำหนักสูงสุดของบ่ารองรับรอยต่อขึ้นอยู่กับอัตราส่วนความกว้างต่อความลึก (Aspect Ratio) ของบ่ารองรับรอยต่อ หากสัดส่วนดังกล่าวมีค่ามากกว่า 1 เช่น 1.33 1.5 และ 2 บ่ารองรับนั้นจะมีความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกได้สูงกว่าบ่ารองรับรอยต่อนี้มีสัดส่วนความกว้างต่อความลึก (Aspect Ratio) เท่ากับ 1 ดังนั้นเพื่อป้องกันการวิบัติของบ่ารองรับรอยต่อ ในการก่อสร้างบ่ารองรับรอยต่อพื้นสะพานควรมีกำหนดให้สัดส่วนความกว้างต่อความลึกต่ำสุดเท่ากับ 1.33 ผลการทดสอบพฤติกรรมการวิบัติของบ่ารองรับรอยต่อนี้ สามารถนำไปพัฒนาแนวทางมาตรฐานการออกแบบให้คงทนและมีประสิทธิภาพมากขึ้น เพื่อลดปริมาณของความเสียหายบริเวณบ่ารองรับรอยต่อที่เกิดจากการรับน้ำหนักบรรทุกได้

คำสำคัญ: น้ำหนักล้อรถบรรทุก; บ่ารองรับรอยต่อพื้นสะพาน; สัดส่วนความกว้างต่อความลึก

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2022.04.007

บทความวิจัย

The Appropriate Ratio between Width and Depth of a Concrete Bridge Deck Joint Shoulder for Preventing Damage from Truck Loadings

Kunanon Ngamkam[1*] and Kittipoom Rodsin[2]

[1] Construction Engineering Technology, Department of Civil and Environmental Engineering Technology, College of Industrial Technology, King Mongkut's University of Technology North Bangkok

[2] Center of Excellence in Structural Dynamics and Urban Management (CESD), College of Industrial Technology, King Mongkut's University of Technology North Bangkok

[*] Corresponding author, E-mail: armarmkunanon@gmail.com

Received: 6 November 2021; Revised: 22 February 2022; Accepted: 24 February 2022
Online Published: 27 April 2022

Abstract: The main objective of this study is to investigate the appropriate ratio between width and depth of a concrete bridge deck joint shoulder for preventing damage from truck loadings. The study has been carried out by performing a static load test on six different patterns of concrete bridge deck joint shoulders. The test joint shoulders possess different widths and depths or aspect ratios. The specimens were tested statically under a combination of simulated wheel and braking loads. The test results revealed that the ultimate load-carrying capacity of the joint shoulders mainly depended on the aspect ratio of the joint shoulder. The maximum load-carrying capacity was obtained when the aspect ratio was greater than one such as 1.33, 1.5 and 2. However, when the aspect ratio was equal to one the maximum load-carrying capacity was much lower compared to their counterparts. To prevent joint shoulder damage, in practice, the minimum aspect ratio of 1.33 is recommended for bridge deck joint shoulder construction. The results from this study could be further used to improve the design standard for more durable bridge deck joint shoulder construction. Subsequently, the damage to the shoulder from truck loading could be significantly reduced.

Keywords: Truck loadings; Joint shoulder; Aspect ratio

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2022.04.007

บทความวิจัย

1. บทนำ

บ่ารองรับรอยต่อพื้นสะพานเป็นส่วนประกอบของรอยต่อพื้นสะพานที่มีความสำคัญ ที่ทำให้รอยต่อพื้นสะพานสามารถรองรับการยืดและหดตัวของสะพานได้ตามที่ออกแบบ นอกจากนั้นยังช่วยปรับระดับและเสริมสร้างเสถียรภาพให้กับรอยต่อพื้นสะพานตามรายการข้อกำหนดของสำนักสำรวจและออกแบบกรมทางหลวง [1] พบว่าบ่ารองรับรอยต่อพื้นสะพานในประเทศไทยส่วนใหญ่ เป็นคอนกรีตหล่อในที่ชนิดไม่หดตัว (Non-shrink Concrete) ซึ่งเป็นวัสดุที่มีความแข็งแรงสูงทำหน้าที่ยึดรอยต่อพื้นสะพานให้เข้ากับพื้นสะพานคอนกรีต แต่ภายหลังการใช้งานเป็นระยะเวลาหนึ่ง บ่ารองรับรอยต่อพื้นสะพานมักเกิดการชำรุดดังแสดงในรูปที่ 1

การชำรุดของบ่ารองรับรอยต่อทำให้สูญเสียงบประมาณในการบำรุงรักษา นอกจากนี้การชำรุดบริเวณบ่ารองรับรอยต่อพื้นสะพานยังก่อให้เกิดความไม่ราบเรียบในการขับขี่ ส่งผลให้บ่ารองรับรอยต่อพื้นสะพานกลายเป็นจุดเสี่ยงที่จะเกิดอุบัติเหตุบนสะพาน [3-6]

เพื่อให้บ่ารองรับรอยต่อมีความคงทน บ่ารองรับรอยต่อควรมีการออกแบบตามหลักวิศวกรรมอย่างถูกต้อง [7-11] และถ้าหากมีความเสียหายควรมีการซ่อมแซมหรือเปลี่ยนออกด้วยวิธีที่เหมาะสม [12]

ถึงแม้บ่ารองรับรอยต่อจะออกแบบได้อย่างถูกต้อง บ่ารองรับรอยต่อยังมีโอกาสที่จะเกิดความเสียหายจากแรงกระแทกจากรถบรรทุกในการแก้ปัญหาการชำรุดของบ่ารองรับรอยต่อพื้นสะพาน Orton และคณะ [13] ได้ศึกษาถึงสาเหตุของความเสียหายของบ่ารองรับรอยต่อและพบว่าการชำรุดเกิดจากการรับแรงกระทำ

รูปที่ 1 บ่ารองรับรอยต่อพื้นสะพานขณะเกิดความเสียหาย Carroll และ Juneau [2]

แบบกระแทกจากการรับน้ำหนักล้อรถบรรทุกที่สัญจรไปมาส่งผลให้บ่ารองรับรอยต่อเกิดความล้าและเสียหายในที่สุด และได้เสนอแนวทางการแก้ปัญหาโดยการปรับปรุงแบบรอยต่อให้ออกแบบรอยต่อให้ลดระดับความเค้นที่ถ่ายลงบ่าจะช่วยป้องกันความเสียหายจากความล้าได้

เนื่องจากบ่ารองรับรอยต่อที่ทำจากคอนกรีตหล่อในที่ชนิดไม่หดตัว (Non-shrink Concrete) เป็นบ่ารองรับที่มีความแข็งแรงสูง ดังนั้นผลของแรงกระแทกบนบ่ารองรับรอยต่อจึงทำให้บ่ารองรับรอยต่อเกิดความล้าและแตกร้าวได้ง่าย ดังนั้น Carroll และ Juneau [2] ได้ทำการทดลองนำคอนกรีตชนิดยืดหยุ่น (Elastomeric concrete) ซึ่งมีความยืดหยุ่นสูงกว่า คอนกรีตหล่อในที่ชนิดไม่หดตัว (Non-shrink Concrete) มาใช้รับพลังงานจากแรงกระแทกของน้ำหนักล้อรถบรรทุก เพื่อป้องกันการแตกร้าวของบ่ารองรับรอยต่อ และนอกจากนั้นยังศึกษาถึงผลของสัดส่วนความกว้างต่อความลึก (Aspect ratio) ของบ่ารองรับรอยต่อ ต่อผลของการรับน้ำหนักบรรทุก ผลการทดสอบพบว่า คอนกรีตชนิด

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2022.04.007

ยืดหยุ่น (Elastomeric Concrete) ยังมีความยืดหยุ่นไม่สูงพอที่จะป้องกันการแตกร้าวได้ทั้งหมด เพียงแต่ช่วยลดการแตกร้าวลงได้ ผลการศึกษาสัดส่วนความกว้างต่อความลึก (Aspect ratio) ของบ่ารองรับรอยต่อพบว่าบ่ารองรับรอยต่อที่มีสัดส่วนดังกล่าวมากกว่า 1 เช่น 1.25 และ 1.75 หรือ มีความกว้างมากกว่าความลึกมีแนวโน้มที่จะรับกำลังได้ดีเมื่อเทียบกับบ่ารองรับรอยต่อที่มีสัดส่วนดังกล่าวเท่ากับ 1 ดังนั้นจากผลงานวิจัยสามารถสรุปได้ว่า การใช้คอนกรีตชนิดยืดหยุ่น (Elastomeric Concrete) และสัดส่วนบ่ารองรับรอยต่อที่ดีสามารถยืดอายุการใช้งานของบ่ารองรับรอยต่อได้ แต่อย่างไรก็ตามคอนกรีตชนิดยืดหยุ่นเป็นวัสดุที่มีราคาสูงมาก การนำมาแก้ปัญหาการชำรุดของบ่ารองรับรอยต่อพื้นสะพานจึงเป็นวิธีที่ไม่คุ้มค่า

การเปลี่ยนชนิดวัสดุในการก่อสร้างบ่ารองรับรอยต่อให้มีความคงทนต่อความล้ามากขึ้น โดยใช้คอนกรีตกำลังสูงผสมกับหินบนอัดเม็ดละเอียดและเส้นใย ซึ่งพัฒนาโดย Busel และ Krotau [14] คอนกรีตที่พัฒนาขึ้นเมื่อนำไปใช้งานจะมีกำลังสูงกว่า 100 MPa แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ได้ถูกพัฒนาขึ้นและนำมาวิเคราะห์ความสามารถของบ่ารองรับรอยต่อและรอยต่อรองรับการขยายตัว ผลการวิเคราะห์พบว่าวัสดุดังกล่าวสามารถลดการเสียรูปขณะรับน้ำหนักรถบรรทุกได้ดี แต่อย่างไรก็ตามผลการวิเคราะห์ดังกล่าวไม่ได้คำนึงถึงแรงกระทำแบบกระแทกรวมผลของความล้า นอกจากนั้นยังไม่มีการทดสอบเพื่อประเมินประสิทธิภาพในการรับน้ำหนักของบ่ารองรับรอยต่อโดยใช้วัสดุที่ได้พัฒนาขึ้นรวมถึงการปรับแก้แบบจำลองให้มีความถูกต้องแม่นยำจากผลการทดสอบด้วย ในทางปฏิบัติการใช้คอนกรีตกำลังสูงในการทำบ่ารองรับรอยต่อ จำเป็นต้องใช้ความรู้และความเชี่ยวชาญในการผสม ซึ่งการนำวัสดุดังกล่าวไปใช้จริงอาจจะยังมีข้อจำกัดและยังไม่สามารถนำไปใช้ได้ง่ายในทางปฏิบัติ

เพื่อให้งานวิจัยนี้สามารถนำไปใช้งานในทางปฏิบัติได้จริง วัสดุที่ใช้จึงเน้นวัสดุที่ใช้กันอยู่อย่างแพร่หลายในการทำบ่ารองรับรอยต่อคือ คอนกรีตหล่อในที่ชนิดไม่หดตัว (Non-shrink Concrete) และจากการวิจัยที่ผ่านมาพบว่า สัดส่วนความกว้างต่อความลึก (Aspect Ratio) มีผลต่อประสิทธิภาพในการรับแรงของบ่ารองรับรอยต่อ [2] ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะทำการหาอัตราส่วนของความกว้างต่อความลึก (Aspect Ratio) ที่เหมาะสมด้วยวิธีการทดสอบบ่ารองรับรอยต่อพื้นสะพานที่ มีอัตราส่วนดังกล่าวและขนาดของบ่าที่แตกต่างกัน จำนวน 6 รูปแบบ ซึ่งจะครอบคลุมกับลักษณะของบ่ารองรับรอยต่อที่มีความเป็นไปได้ในงานก่อสร้างสำหรับประเทศไทยในปัจจุบัน โดยรายละเอียดของบ่ารองรับรอยต่อพื้นสะพานจะอธิบายในวิธีการดำเนินงานวิจัย การทดสอบหาอัตราส่วนที่เหมาะสมจะทำให้สามารถแนะนำขนาดที่เหมาะสมของบ่ารองรับรอยต่อที่สามารถนำไปใช้ในการก่อสร้างจริง ซึ่งจะทำช่วยลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมและยืดระยะเวลาของโครงสร้างสะพานที่อยู่ใต้บ่ารองรับรอยต่อไม่ให้ถูกกระแทกจนแตกร้าวได้ในอนาคตได้ โดยไม่เปลี่ยนแปลงวัสดุและวิธีการก่อสร้างมากนัก

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2022.04.007

2. วิธีการดำเนินการวิจัย

2.1 การออกแบบขนาดของบ่ารองรับรอยต่อที่ใช้ในการทดลอง

ในการออกแบบขนาดของบ่ารองรับรอยต่อที่ใช้ในการทดสอบจะเลือกมาจากช่วงของค่าอัตราส่วนของความกว้างต่อความลึก (Aspect Ratio) ตั้งแต่ 1 ถึง 2 เพื่อให้ครอบคลุมกับขนาดของบ่ารองรับรอยต่อที่มีความเป็นไปได้สำหรับงานก่อสร้างในปัจจุบัน ขนาดที่ใช้ในการทดลองจะมีทั้งสิ้น 6 รูปแบบ คือ บ่ารองรับรอยต่อที่มีขนาดความกว้างต่อความลึกเท่ากับ 100x100(B1), 150x100(B2), 200x100(B3), 150x150(B4), 200x150(B5) และ 200x200(B6) ซึ่งขนาดของการออกแบบบ่ารองรับรอยต่อในการทดลองนี้จะครอบคลุมกับแนวทางการออกแบบบ่ารองรับรอยต่อพื้นสะพานของกรมทางหลวง ซึ่งมีสัดส่วนของความกว้างต่อความลึกอยู่ในช่วง 1.1 จนถึง 1.3 ขนาดของบ่ารองรับต่อต่อทั้งหมดได้แสดงในตารางที่ 1

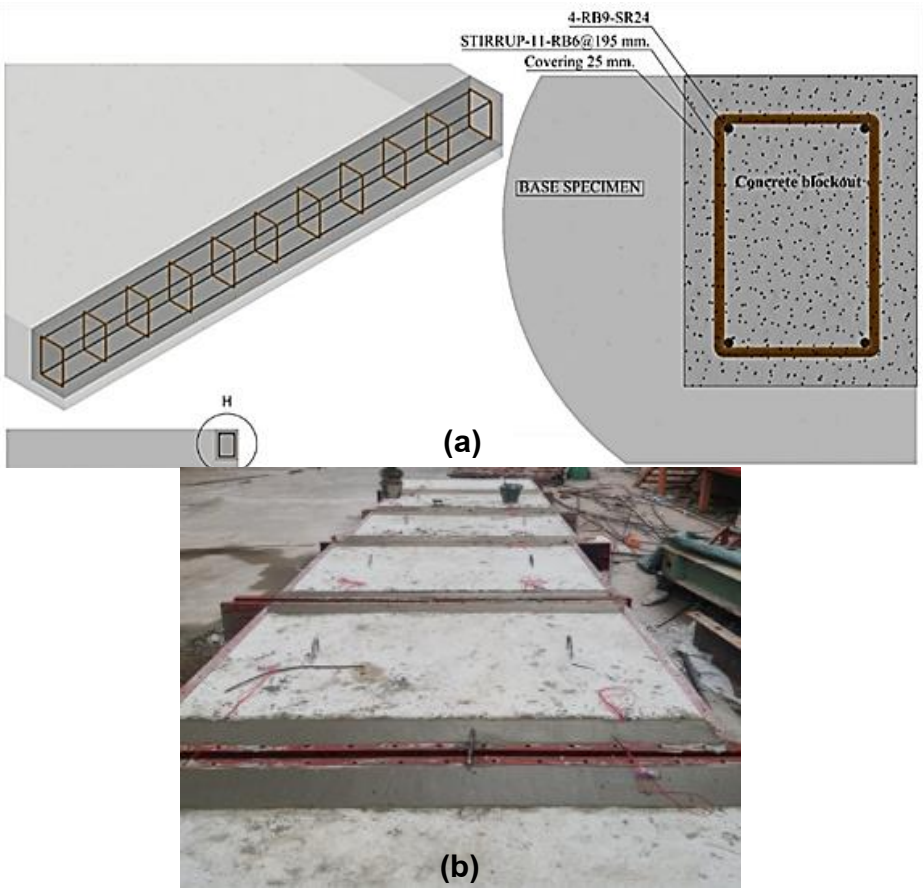
ตารางที่ 1 ขนาดของบ่ารองรับรอยต่อที่ใช้ในการทดสอบการรับน้ำหนักล้อรถบรรทุก

Test Specimens	Width (mm)	Height (mm)	Aspect Ratio
B1	100	100	1.0
B2	150	100	1.5
B3	200	100	2.0
B4	150	150	1.0
B5	200	150	1.3
B6	200	200	1.0

2.2 การเตรียมตัวอย่างทดสอบ

การทดสอบจะทำการทดสอบบ่ารองรับรอยต่อพื้นสะพาน โดยจะทำการก่อสร้างแท่นคอนกรีตที่เป็นตัวแทนของพื้นสะพาน ดังแสดงในรูปที่ 2 และทำการทดสอบบ่ารองรับภายใต้แรงกระทำเทียบเท่าน้ำหนักล้อรถบรรทุกในห้องปฏิบัติการ โดยแท่นคอนกรีตที่ทดสอบนี้มีขนาด กว้าง 1.5 เมตร ยาว 2.0 เมตร และหนา 0.25 เมตร เพื่อจำลองพื้นสะพาน ซึ่งมีรายละเอียดการเสริมเหล็ก และค่ากำลังรับแรงอัดออกแบบคอนกรีต เป็นไปตามแบบมาตรฐานการก่อสร้าง ของสำนักสำรวจและออกแบบ กรมทางหลวง [1] โดยที่ปลายด้านบนข้างหนึ่งของแท่นคอนกรีตในทิศทางตามแนวกว้างจะทำการเว้นช่องคอนกรีต (Concrete Blackout) ตลอดแนวความยาวของแท่นคอนกรีตไว้เพื่อหล่อบ่ารองรับรอยต่อพื้นสะพานภายหลังจากที่แท่นคอนกรีตแข็งตัว โดยมีความกว้างและความหนาของช่องคอนกรีตขนาดต่าง ๆ โดยกำหนดให้ความกว้างจะต้องมากกว่าความลึกสำหรับการเว้นช่องบ่าคอนกรีตเสมอ และในการหล่อบ่ารองรับรอยต่อพื้นสะพาน จะทำการเทปิดช่องคอนกรีตที่เว้นไว้ด้วย คอนกรีตหล่อในที่ชนิดไม่หดตัว (Non-shrink Concrete) โดยจะหล่อบ่ารองรับรอยต่อ รวมขนาดช่องคอนกรีตจำนวน 6 รูปแบบ คุณสมบัติด้านกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ใช้ในการทดสอบของคอนกรีตพื้นสะพาน และบ่ารองรับรอยต่อมีค่าเท่ากับ 189.1 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และ 313.3 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2022.04.007

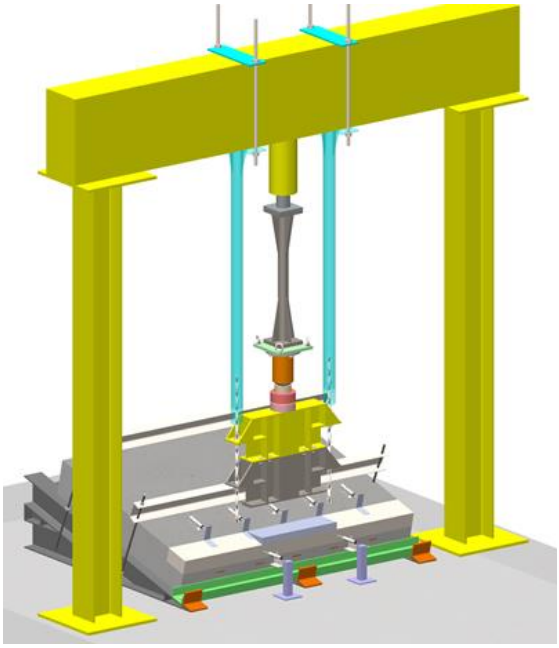


รูปที่ 2 (a) รายละเอียดการเสริมเหล็กบ่ารองรับรอยต่อและ (b) การก่อสร้างแท่นคอนกรีตและบ่ารองรับรอยต่อ

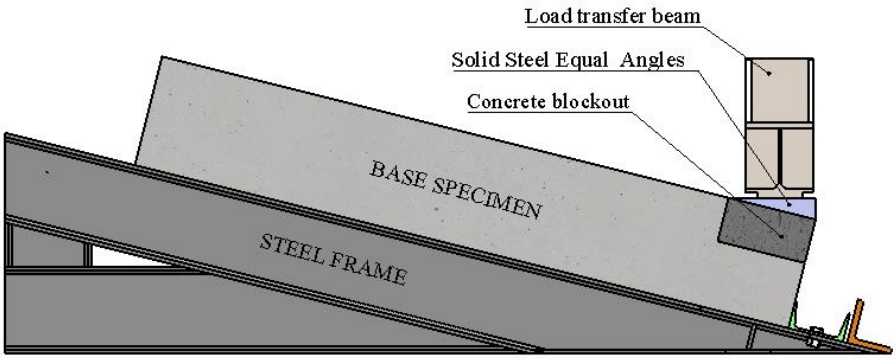
2.3 ขั้นตอนการทดสอบ

การทดสอบรอยต่อพื้นสะพานแบบจะกระทำภายใต้โครงเหล็กทดสอบดังแสดงในรูปที่ 3 พร้อมติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดแรง และบันทึกค่า เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดและการเสียรูปของบ่ารอยต่อ โดยเริ่มจากการติดตั้งแผ่นพื้นสะพานเข้ากับโครงเหล็กที่มีความชัน 4:1 ดังแสดงในรูปที่ 4 เพื่อจำลองการรับน้ำหนักและแรงเบรคจากล้อรถบรรทุก ติดตั้งเกจวัดแรง (Load Cell) คานเหล็กกระจายแรง และกระบอกไฮดรอลิคเข้ากับโครงทดสอบ ทำการทาสีขาวที่ตัวอย่างทดสอบเพื่อช่วยให้สามารถสังเกตเห็นรอยแตกร้าวได้ชัดเจนขึ้น แล้วจึงเริ่มทำการทดสอบในรูปแบบของการควบคุมแรง (Force Controlled Test Scheme) โดยจะทำการให้แรงทีละน้อย โดยเพิ่มแรงกระทำครั้งละ 5 ตัน โดยแต่ละขั้นตอนที่เพิ่มแรง จะทำสังเกตพฤติกรรมของแผ่นพื้นและบันทึกข้อมูลจากเครื่องมือตรวจวัด ก่อนที่จะเพิ่มแรงในขั้นตอนต่อไป ทำการทดสอบไปจนกว่าบ่ารองรับรอยต่อจะไม่สามารถรับแรงกระทำได้

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2022.04.007



รูปที่ 3 โครงเหล็กสำหรับทำการทดลอง



รูปที่ 4 การติดตั้งแผ่นพื้นสะพานบนพื้นเอียง

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2022.04.007

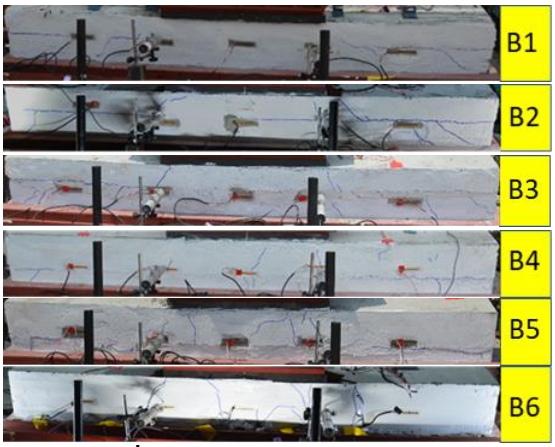
3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 พฤติกรรมการวิบัติของตัวอย่างทดสอบ

การทดสอบจะทำการเพิ่มน้ำหนักบรรทุกแล้วทำการจดบันทึกค่า จนกว่าบ่ารองรับรอยต่อพื้นสะพานเกิดการวิบัติและไม่สามารถรับน้ำหนักได้ โดยรูปแบบการวิบัติของบ่ารองรับรอยต่อแบ่งออกเป็น 3 รูปแบบ คือ บ่ารองรับรอยต่อหลุดออก ดังแสดงในรูปที่ 5 บ่ารองรับรอยต่อแตกร้าว และพื้นรองรับบ่าแตกร้าว ดังแสดงในรูปที่ 6

จากการทดสอบพบว่า ในทุกตัวอย่างทดสอบจะมีการแตกร้าวของบ่ารองรับรอยต่อในช่วงแรก แต่หลังจากการเพิ่มน้ำหนักบรรทุก รูปแบบการวิบัติของบ่ารองรับรอยต่อจะแตกต่างกันไป โดยรูปแบบการวิบัติของบ่ารอยต่อ B1 B4 B5 และ B6 จะพบวิบัติแบบบ่าหลุดออกร่วมกับการแตกของพื้นรองรับบ่ารอยต่อ แต่บ่ารองรับรอยต่อ B2 และ B3 จะพบการแตกร้าวของพื้นรองรับบ่ารอยต่อเท่านั้น โดยที่บ่ารองรับไม่มีการหลุดออกจากพื้น รูปแบบการวิบัติและแรงกระทำสูงสุด ได้สรุปไว้ในตารางที่ 2

รูปที่ 5 บ่ารองรับรอยต่อพื้นสะพานก่อนและหลังทำการทดสอบ



รูปที่ 6 การวิบัติของบ่ารองรับรอยต่อภายหลังการทดสอบ

ตารางที่ 2 พฤติกรรมการวิบัติของตัวอย่างทดสอบ

Test Specimens	Maximum Load (Ton)	Failure Pattern
B1	38	บ่าหลุดออกและพื้นรองรับบ่าแตกร้าว
B2	52	พื้นรองรับบ่าแตกร้าว
B3	52	พื้นรองรับบ่าแตกร้าว
B4	33	บ่าหลุดออกและพื้นรองรับบ่าแตกร้าว
B5	50	บ่าหลุดออกและพื้นรองรับบ่าแตกร้าว
B6	42	บ่าหลุดออกและพื้นรองรับบ่าแตกร้าว

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2022.04.007

3.2 การเปรียบเทียบความสามารถของบ่ารองรับรอยต่อในการรับแรงกระทำ

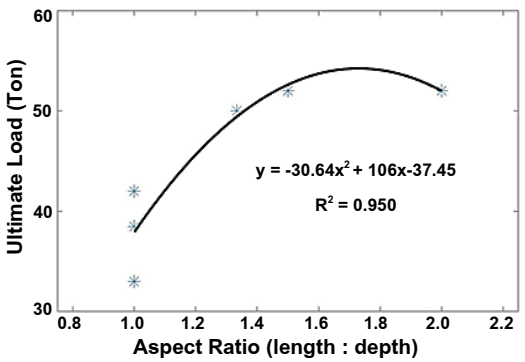
ผลการทดสอบกำลังรับน้ำหนักของบ่ารองรับรอยต่อพื้นสะพานทั้ง 6 รูปแบบ ได้สรุปไว้ในตารางที่ 3 จากตารางดังกล่าวพบว่า บ่ารองรับรอยต่อที่มีกำลังรับน้ำหนักค่อนข้างสูง (มากกว่า 50 ตัน) คือบ่ารองรับรอยต่อ B2 B3 และ B5 ซึ่งมีสัดส่วนความกว้างต่อความลึก (Aspect ratio) เท่ากับ 1.5 2 และ 1.33 ตามลำดับ ส่วนบ่ารองรับรอยต่อ B1 B4 และ B6 มีสัดส่วนความกว้างต่อความลึกเท่ากับ 1 สามารถรับแรงกระทำสูงสุดได้เท่ากับ 38 ตัน 33 ตัน และ 42 ตัน ตามลำดับ โดยผลการทดสอบยังแสดงให้เห็นว่ากำลังรับแรงไม่ได้ขึ้นอยู่กับขนาดของบ่ารองรับรอยต่ออย่างมีนัยสำคัญ

จากผลการทดสอบสามารถสรุปได้ว่า บ่ารองรับรอยต่อที่มีอัตราส่วนความกว้างต่อความลึก (Aspect Ratio) ที่มากกว่า 1 เช่น 1.33 1.5 และ 2 จะมีความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกได้สูงกว่าบ่ารองรับรอยต่อนี้มีสัดส่วนความกว้างต่อความลึก (Aspect Ratio) เท่ากับ 1:1 ดังนั้น เพื่อป้องกันการวิบัติของบ่ารองรับรอยต่อ บ่ารองรับรอยต่อพื้นสะพานควรมีอัตราส่วนดังกล่าวมากกว่า 1 โดย จากผลการทดสอบสามารถนำไปเป็นข้อแนะนำสำหรับการก่อสร้างบ่ารองรับสะพานได้ โดยการก่อสร้างควรกำหนดให้สัดส่วนความกว้างต่อความลึกต่ำสุดที่ควรใช้คือ 1.33

ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำสูงสุด (Ultimate Load) และ สัดส่วนของความกว้างต่อความลึกของบ่ารองรับรอยต่อ (Aspect Ratio) ได้แสดงในรูปที่ 7 จากรูปพบว่า กำลังรับแรงของบ่ารองรับรอยต่อมีความสัมพันธ์กับสัดส่วนความกว้างต่อความลึก โดยหากสัดส่วนดังกล่าวมีค่าสูงขึ้นกำลังรับแรงสูงสุดจะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย โดยจากรูปพบว่าหากสัดส่วนของความความกว้างต่อความลึกค่าเท่ากับ 1 กำลังรับแรงสูงสุดจะมีค่าน้อย และถ้าหากสัดส่วนนี้มีค่ามากขึ้น เช่น 1.33 กำลังรับแรงจะมีค่าเพิ่มขึ้น และ กำลังรับแรงจะเพิ่มขึ้นสูงสุดเมื่อสัดส่วนดังกล่าวมีค่ามากกว่า 1.5 และ หากเพิ่มสัดส่วนไปเท่ากับ 2 กำลังรับแรงสูงสุดมีค่าเท่ากับ กรณีที่สัดส่วนเท่ากับ 1.5 ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าขนาดของบ่ารองรับรอยต่อซึ่งมีความกว้างหรือความลึกมากเกินไปไม่ได้ส่งผลให้สามารถรับนำหนักบรรทุกได้เพิ่มขึ้น ขนาดของบ่ารองรับรอยต่อที่เหมาะสมจึงจะสามารถรับแรงได้สูงสุด

ตารางที่ 3 กำลังรับน้ำหนักของบ่ารองรับรอยต่อ

W	H		
	100	150	200
	Ultimate Load (Ton)		
100	38	-	-
150	52	33	-
200	52	50	42



รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับ Aspect Ratio ของบ่ารองรับรอยต่อ

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2022.04.007

4. สรุปผลการทดลอง

การทดสอบหาอัตราส่วนความกว้างต่อความลึกของบ่ารองรับรอยต่อคอนกรีตพื้นสะพานที่เหมาะสมสำหรับป้องกันการชำรุดเนื่องจากน้ำหนักล้อรถบรรทุก โดยการทดสอบกำลังรับน้ำหนักบรรทุกสูงสุดของบ่ารองรับรอยต่อที่มีขนาดต่างกันจำนวน 6 ตัวอย่าง โดยน้ำหนักที่กระทำจะจำลองแรงจากล้อรถบรรทุกและแรงเบรค ผลการทดสอบพบว่า กำลังรับน้ำหนักสูงสุดของบ่ารองรับรอยต่อขึ้นอยู่กับ อัตราส่วนความกว้างต่อความลึก (Aspect ratio) ของบ่ารองรับรอยต่อ หากสัดส่วนดังกล่าวมีค่ามากกว่า 1 เช่น 1.33 1.5 และ 2 บ่ารองรับนั้นจะมีความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกได้สูงกว่า บ่ารองรับรอยต่อที่มีสัดส่วนความกว้างต่อความลึก (Aspect Ratio) เท่ากับ 1:1 ดังนั้น เพื่อป้องกันการวิบัติของบ่ารองรับรอยต่อ บ่ารองรับรอยต่อพื้นสะพานควรมีอัตราส่วนดังกล่าวมากกว่า 1 โดย จากผลการทดสอบสามารถนำไปเป็นข้อแนะนำสำหรับการก่อสร้างบ่ารองรับสะพานได้ โดยการก่อสร้างควรกำหนดให้สัดส่วนความกว้างต่อความลึกต่ำสุดที่ควรใช้คือ 1.33 การทดสอบพฤติกรรมการวิบัติของบ่ารองรับรอยต่อนี้ สามารถนำไปสู่การพัฒนาแนวทางมาตรฐานการออกแบบให้คงทนและมีประสิทธิภาพมากขึ้น เพื่อลดความเสียหายบริเวณบ่ารองรับรอยต่อที่เกิดจากการรับน้ำหนักบรรทุกได้

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้รับทุนสนับสนุนจาก วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือตามสัญญาเลขที่ CIT-2020-GRAD-06 จึงขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Standard Drawings for Highway Design and Construction Edition, Ministry of Transport, Department of Highways, Thailand, 2018.

[2] C. Carroll and A. Juneau, Repair of concrete bridge deck expansion joints using elastomeric concrete, Practice Periodical on Structural Design and Construction, 2015, 20(3), 04014038.

[3] Z. Sun and Y. Zhang, Failure mechanism of expansion joints in a suspension bridge, Journal of Bridge Engineering, 2016, 21(10), 05016005.

[4] L. Deng, W. Yan and Q. Zhu, Vehicle impact on the deck slab of concrete box-girder bridges due to damaged expansion joints, Journal of Bridge Engineering, 2016, 21(2), 06015006.

[5] Z. Liu, B.M. Phares and L.F. Greimann, Use of longitudinal expansion joints in wide-bridge applications to reduce deck cracking, Journal of Bridge Engineering, 2016, 21(10), 04016068.

[6] C.C. Fu and N. Zhang, Investigation of bridge expansion joint failure using field strain measurement, Journal of Performance of Constructed Facilities, 2011, 25(4), 01350528.

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2022.04.007

[7] R. Purvis, Bridge deck joint performance: A synthesis of highway practice, NCHRP Synthesis 319, Transportation Research Board, DC, USA, 2003.

[8] Baker Engineering and Energy, Evaluation of various types of bridge deck joints, Final Report 510, Arizona Department of Transportation, AZ, USA, 2006.

[9] M.T. Kubal, Construction waterproofing handbook: Expansion joint, 2nd Ed., McGraw Hill, NY, USA, 2008.

[10] W.S. Guthrie, L.H. Yuen and L.A. Ross, Performance of concrete bridge deck joints, Report No. UT-05.04, Utah Department of Transportation Research, UT, USA, 2005.

[11] Y. Teruhiko and A. Mamiko, Design of bridge expansion joints with perforated dowels under impact loading, Trans. Transactions of Tianjin University, 2008, 14(5), 340–343.

[12] C.T. Jahren and A.M. Miller, Rapid replacement of bridge deck expansion joints study – phase I, InTrans Project 13-451, Institute for Transportation - Iowa State University, IA, USA, 2014.

[13] S.L. Orton, D. Barrett, A.E. Elsisi, A. Pelikan and H. Salim, Finger-plate and flat-plate expansion device design evaluation, Journal of Bridge Engineering, 2017, 22(12):04017106

[14] A. Busel and R. Krotau, The design and composition of expansion joints on big-span bridges with intensive heavy-duty traffic, Transportation Research Procedia, 2016, 14, 3953–3962.