

STEEL CONSTRUCTION TODAY & TOMORROW

(ฉบับที่ 42 ประจำเดือนสิงหาคม 2014)

บทความตีพิมพ์ร่วมกันระหว่างสหพันธ์เหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทยญี่ปุ่นและสมาคมก่อสร้าง
โครงสร้างเหล็กแห่งประเทศไทย

Thai Version

วารสารฉบับแปลภาษาอังกฤษของ *Steel Construction Today & Tomorrow* ได้มีการตีพิมพ์ 3 ครั้งต่อปี และมีการจัดส่งทั่วโลกให้แก่ผู้บริหารของบริษัทในทุกภาคอุตสาหกรรมและองค์กรที่เกี่ยวข้อง จุดประสงค์สำคัญในการตีพิมพ์วารสารนี้ก็นำเสนอมาตรฐานและข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้างโครงสร้างเหล็ก ตัวอย่างของโครงการก่อสร้างใหม่ ๆ เทคโนโลยีและวัสดุก่อสร้างที่ล้ำหน้า ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้างโครงสร้างอาคารและวิศวกรรมโยธา

เพื่อช่วยให้ผู้อ่านชาวไทยสามารถที่จะเข้าใจบทความได้ง่ายขึ้น ได้มีการจัดแปลบทความภาคภาษาไทย และแนบท้ายกับฉบับภาษาอังกฤษ สำหรับรูปภาพ ไดอะแกรมและตารางได้มีการจัดแปลเป็นภาษาไทยเพียงส่วนหัวเรื่อง ผู้อ่านสามารถอ้างอิงกับฉบับภาษาอังกฤษสำหรับเนื้อหาที่เกี่ยวข้อง นอกจากนี้ ถ้าผู้อ่านต้องการทราบศัพท์บรรยายหรือ รายละเอียดทางด้านเทคนิค โปรดอ้างอิงกับบทความภาษาอังกฤษ เช่นเดียวกัน

ฉบับที่ 42 ประจำเดือนสิงหาคม 2014: สารบัญ

มาตรฐานการออกแบบสำหรับโครงสร้างวิศวกรรมโยธา	
– การออกแบบตามระดับสมรรถนะและตามหลักความน่าเชื่อถือและทิศทางการออกแบบในอนาคต	1
รายงานสำหรับการซ่อมแซมรอยแตกจากความล้าของ Orthotropic Deck ในสหราชอาณาจักร	4
การบำรุงรักษาและเสริมกำลังสะพานเหล็กของรถไฟ Tokaido Shinkansen	8
การบำรุงรักษาทางด่วน Metropolitan Expressways	12
การเปลี่ยนพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กที่มี Deck เหล็กบนสะพาน Mikawaohashi	16
กิจกรรมของ JISF	ปกหลัง

หมายเหตุ: หมายเลขหน้าอ้างอิงกับวารสารภาคภาษาอังกฤษฉบับที่ 42

ฉบับภาษาไทย: ©The Japan Iron and Steel Federation 2014

The Japan Iron and Steel Federation

3-2-10 Nihonbashi-Kayabacho, Chuo-ku, Tokyo 103-0025, Japan

โทรสาร: 81-3-3667-0245

โทรศัพท์: 81-3-3669-4815

ที่อยู่อีเมล: sunpou@jisf.or.jp

เว็บไซต์: <http://www.jisf.or.jp>

(หน้าที่ 1~3)

มาตรฐานการออกแบบสำหรับโครงสร้าง วิศวกรรมโยธา – การออกแบบตามระดับ สมรรถนะและตามหลักความน่าเชื่อถือ และทิศ ทางการออกแบบในอนาคต

โดย Yusuke Honjo

Professor, Faculty of Engineering, Gifu University

บทความนี้กล่าวถึงมาตรฐานการออกแบบของโครงสร้าง
วิศวกรรมโยธาในประเทศญี่ปุ่นโดยมีจุดประสงค์ 2 ประการ: เพื่อ
นำเสนออย่างย่อสำหรับทิศทางของมาตรฐานการออกแบบทั้งที่
ผ่านมาในรอบ 15 ปีหลังและในอนาคตที่คาดการณ์ไว้ ส่วนที่
สำคัญในบทความที่ต้องการจะกล่าวถึงคือการออกแบบตาม
ระดับสมรรถนะ (Performance-Based Design) และตามหลัก
ความน่าเชื่อถือ (Reliability-Based Design)

ในที่นี้คำว่า “การออกแบบตามระดับสมรรถนะ” เป็นไปตาม
คำจำกัดความที่ให้ไว้ในมาตรฐาน JGS4001-2004 ซึ่งกล่าวไว้ว่า
“การออกแบบตามระดับสมรรถนะ: แนวความคิดในการออกแบบ
ซึ่งโครงสร้างมิได้ถูกออกแบบตามการบรรยายลักษณะ ที่กำหนด
เอาไว้ แต่เป็นการออกแบบตามความต้องการทางด้านสมรรถนะที่
กำหนดโดยกลุ่มสังคมวิชาชีพ”

รายละเอียดของการออกแบบตามหลักความน่าเชื่อถือ และระดับสมรรถนะ

● การนำเสนอมาตรฐานการออกแบบตามวิธีการออกแบบ ตามหลักความน่าเชื่อถือ

การนำเสนอวิธีการออกแบบตามหลักความน่าเชื่อถือ หรือ
วิธีการออกแบบสถานะจำกัด (limit state design) ได้เริ่มมาตั้งแต่
ในปี 1970s ในขณะนั้น ได้มีความพยายามในยุโรปที่จะจัดเตรียม
มาตรฐานการออกแบบสากล สำหรับอาคารและโครงสร้าง
สาธารณูปโภคซึ่งมีการใช้อยู่ทั่วไปสำหรับนานาประเทศในยุโรป
มาตรฐานซึ่งจัดเตรียมไว้ในขณะนั้น ในปัจจุบันก็ยังคงปรากฏใช้
ในมาตรฐานโครงสร้างของ Eurocode Eurocode ได้นำเสนอ
วิธีการในการพิสูจน์ที่มีพื้นฐานมาจากการออกแบบตามหลักความ
น่าเชื่อถือซึ่งได้เริ่มมีการรวบรวมจัดทำขึ้น ดังที่ได้ทราบกันดีแล้วว่า
Eurocode ได้จัดทำเสร็จสิ้นสมบูรณ์และนำมาใช้ในปี 2010
ภายหลังจากการจัดเตรียมมาเกือบ 40 ปี

Ontario Highway Bridge Design Code (OHBDC) ที่ได้
จัดตั้งขึ้นมาในปี 1983 เป็นมาตรฐานการออกแบบอย่างเต็ม
รูปแบบของการออกแบบตามหลักความน่าเชื่อถือ หลังจากที่มีการ

จัดตั้งประมวลการออกแบบนี้ จึงได้มีการริเริ่มจัดเตรียมข้อกำหนด
การออกแบบสะพาน (BDS) ในช่วงปลายทศวรรษ 1980s
ซึ่งจัดทำโดย American Association of State and Highway
Transportation Officials (AASHTO) และถือว่าเป็นมาตรฐาน
การออกแบบที่มีความสำคัญที่สุดในด้านวิศวกรรมโยธาใน
สหรัฐอเมริกา หลังจากนั้นในปี 1995 จึงมีมาตรฐานการออกแบบ
LRFD (การออกแบบวิธีตัวคุณความต้านทานและน้ำหนักบรรทุก)
ในเวอร์ชันของ AASHTO BDS ออกมาและตั้งแต่นั้นก็ได้มี
การแก้ไขให้ทันสมัยตามลำดับ

ถึงแม้จะมีการเคลื่อนไหวปรับปรุงมาตรฐานอย่างต่อเนื่องใน
ยุโรปและอเมริกา ญี่ปุ่นก็ยังคงตามหลังในการจัดทำมาตรฐานการ
ออกแบบซึ่งมีพื้นฐานมาจากการพิสูจน์สูตรสมการที่พัฒนามาจาก
วิธีการออกแบบตามหลักความน่าเชื่อถือ ในปี 2007 ได้มี
มาตรฐาน *Technical Standards for Port and Harbor
Facilities* ในญี่ปุ่นซึ่งถือได้ว่าเป็นมาตรฐานการออกแบบแรก
ในญี่ปุ่นด้านวิศวกรรมโครงสร้างที่มีพื้นฐานมาจากการออกแบบ
ตามหลักความน่าเชื่อถือ *ข้อกำหนดสำหรับสะพานไฮเวย์* ที่ถือได้
ว่าเป็นเอกสารอ้างอิงที่สำคัญที่สุดในการออกแบบโครงสร้าง
วิศวกรรมโยธาในญี่ปุ่น ในปัจจุบันก็ยังไม่ได้ใช้วิธีตัวคุณในวิธีการ
ออกแบบ อย่างไรก็ตาม ได้มีการแก้ไขมาตรฐานนี้ซึ่งน่าจะเสร็จสิ้น
ภายในอนาคตอันใกล้ ซึ่งจะมีการใช้สมการสูตรต่าง ๆ
ตามแนวทางของ LRFD มาใช้

ญี่ปุ่นยังคงตามหลังยุโรปและอเมริกาในการใช้วิธีการ
ออกแบบตามหลักความน่าเชื่อถือมาใช้ในมาตรฐานการออกแบบ
แต่ในการนำแนวทางนี้มาใช้ในญี่ปุ่น ก็ยังคงมีข้อที่แตกต่างจาก
ประเทศอื่น ๆ ก็คือ ตามมาตรฐานการออกแบบของญี่ปุ่น ยังคงให้
ความสำคัญที่จะต้องสอดคล้องกับการออกแบบตามระดับ
สมรรถนะ และดังนั้นวิธีการออกแบบตามหลักความน่าเชื่อถือได้
กำหนดไว้ว่าวิธีการพิสูจน์ระดับสมรรถนะและนำมาใช้กำหนดใน
มาตรฐานการออกแบบ วิธีการออกแบบตามระดับสมรรถนะ
สามารถอธิบายได้ดังนี้:

● รายละเอียดในการนำเสนอการออกแบบตามระดับ สมรรถนะ

เมื่อพิจารณาถึงมาตรฐานการออกแบบทั่วโลก พบว่า
มีรากฐานอย่างน้อย 2 ประการ (รูปภาพที่ 1) ในการออกแบบ
ตามระดับสมรรถนะ ประการแรกคือที่ใช้ใน *Nordie 5 Level
System* เพื่อที่จะจัดเตรียมให้มาตรฐานอาคารนานาประเทศมี
ความเป็นอันหนึ่งเดียวกัน ในแนวความคิดนี้ ระดับสมรรถนะที่
ต้องการถูกจัดระดับและแบ่งออกเป็น 2 ประเภท: ระดับความ
ต้องการที่เป็นข้อกำหนดไว้ และเอกสารอ้างอิง (ข้อเสนอแนะ)

แนวความคิดนี้มีความคล้ายคลึงเกี่ยวเนื่องกับข้อความตามข้อตกลงสำหรับการป้องกันอุปสรรคทางด้านเทคนิคต่อการค้าขององค์การการค้าโลก (WTO/TBT Agreement) ที่ว่า “ข้อบังคับทางเทคนิคให้เป็นไปตามข้อกำหนดในเชิงสมรรถนะแทนที่จะเป็นตามการลักษณะที่ออกแบบหรือบรรยายไว้ (Article 2.8)” แนวความคิดอีกอันหนึ่งซึ่งมีการกล่าวถึงในระดับสมรรถนะที่ต้องการ (รูปภาพที่ 2) ซึ่งแสดงใน Vision 2000 ของ Structural Engineers Association of California (SEAO, 1995) ซึ่งมีผลกระทบจากประสบการณ์ความเสียหายที่พบทั้งจากแผ่นดินไหว Northridge และ Loma Prieta ข้อเสนอดังกล่าวได้นำมาใช้เพื่อเป็นข้อตกลงร่วมระหว่างกลุ่มเจ้าของอาคารและวิศวกรโครงสร้างเกี่ยวกับความต้านทานแรงแผ่นดินไหว

ปัจจุบันในญี่ปุ่น ได้มีการเคลื่อนไหวที่จะจัดทำมาตรฐานการออกแบบซึ่งใช้หลักการตรวจสอบโครงสร้างโดยวิธีการออกแบบตามหลักความน่าเชื่อถือ ซึ่งมีพื้นฐานมาจากแนวความคิดการออกแบบตามระดับสมรรถนะ อาจจะถูกกล่าวได้ว่าขั้นตอนแรกสำหรับในความเคลื่อนไหวในทิศทางนี้มีผลมาจากข้อตกลงของ WTO/TBT ที่นำมาใช้ในปี 1995 ในโอกาสนี้ รัฐบาลญี่ปุ่นใช้นโยบายที่ผ่อนปรนลงทางด้านนี้ สืบเนื่องจากการผ่อนปรนลงนี้เอง นโยบายหลายอย่างจึงได้นำมาใช้เช่น การปรับให้สอดคล้องกับนานาชาติสำหรับมาตรฐานอุตสาหกรรมของญี่ปุ่น ข้อกำหนดของระดับสมรรถนะ และการยกเลิกการตรวจสอบที่ซ้ำ ๆ

เพื่อที่จะตอบสนองต่อแนวโน้มในการออกแบบนี้ สมาคมวิศวกรรมของญี่ปุ่นได้ทำงานอย่างรวดเร็วเพื่อตอบสนองต่อความเคลื่อนไหวนี้เพื่อที่จะนำเสนอ แนวความคิดในการออกแบบตามระดับสมรรถนะอย่างที่มีการนำเสนอในข้อตกลงของ WTO/TBT เข้ามาใช้ในมาตรฐานการออกแบบของญี่ปุ่น นอกจากนี้ยังมีมาตรฐาน Geo-code 21 ที่จัดทำโดย Japanese Geotechnical Society ในปี 2004 และ code PLATFORM โดย Japanese Society of Civil Engineers ในปี 2003 ซึ่งทั้งสองมาตรฐานมีผลต่อการแก้ไขในภายหน้าของมาตรฐานการออกแบบอื่น ๆ

รูปภาพที่ 3 แสดงตำแหน่งของการออกแบบตามระดับสมรรถนะและการออกแบบตามหลักความน่าเชื่อถือ ในมาตรฐานการออกแบบและความสัมพันธ์ระหว่างกันและข้อตกลงของ WTO/TBT และมาตรฐาน ISO กรอบของการออกแบบตามระดับสมรรถนะมีพื้นฐานมาจากข้อตกลงตามนโยบายการค้านานาชาติ ประเทศ เพราะเหตุนี้ จึงเชื่อได้ว่าในอนาคตของการจัดเตรียมประมวลการออกแบบเหล่านี้ ระดับสมรรถนะที่ต้องการในโครงสร้างจะถูกกำหนดโดยข้อกำหนดของระดับสมรรถนะ และการพิสูจน์ระดับสมรรถนะที่ต้องการจะใช้แนวการออกแบบตาม

หลักระดับความน่าเชื่อถือดังที่กำหนดใน ISO2394 และมาตรฐานสากลอื่น ๆ

รูปภาพที่ 1 พื้นฐานทั้งสองในการออกแบบตามระดับสมรรถนะ

รูปภาพที่ 2 ระดับสมรรถนะใน Vision2000 ของ SEAO

รูปภาพที่ 3 ข้อตกลงของ WTO/TBT และการออกแบบตามระดับสมรรถนะและหลักความน่าเชื่อถือ

มาตรฐานการออกแบบในปัจจุบันสำหรับวิศวกรรมโครงสร้างในญี่ปุ่น

ดังที่ได้กล่าวถึงข้างต้น Technical Standards for Port and Harbor Facilities in Japan ได้ถูกปรับปรุงแก้ไขในปี 2007 และนำมาบังคับใช้ ซึ่งมีการนำวิธีการพิสูจน์ระดับสมรรถนะโดยการใช้วิธี partial factor ตามแนวทางการออกแบบตามหลักความน่าเชื่อถือ ภาพรวมของการแก้ไขปรับปรุงนี้ได้มีการนำเสนอขึ้นแล้ว ตัวอย่างเช่น ตามบทความวิชาการของอังกฤษ โดย nagao et al. (2009) และดังนั้นจึงไม่ได้กล่าวถึงในที่นี้

งานแก้ไขปรับปรุงใหม่กำลังดำเนินการอยู่สำหรับข้อกำหนดสำหรับสะพานไฮเวย์ในญี่ปุ่น, มาตรฐานทางเทคนิคสำหรับโครงสร้างไฮเวย์ซึ่งมีจำนวนเป็นสัดส่วนที่มากที่สุดสำหรับโครงสร้างทางวิศวกรรมโยธาในญี่ปุ่น แนวความคิดหลักในการแก้ไขของข้อกำหนดการก่อสร้างได้แสดงไว้ดังนี้

รูปภาพที่ 4 แสดงถึงแนวความคิดของข้อกำหนดทางด้านสมรรถนะสำหรับสะพานไฮเวย์ตามที่แสดงในร่างการแก้ไขของข้อกำหนดทางโครงสร้างฉบับปัจจุบัน ในขณะที่รูปแสดงให้เห็นถึงแนวความคิดที่กำหนดสมรรถนะที่อ้างอิงกับกำลังรับน้ำหนักบรรทุกของสะพาน ข้อกำหนดทางด้านสมรรถนะของสะพานได้แสดงไว้โดยใช้ matrix ของสมรรถนะที่ประกอบไปด้วย 2 เงื่อนไข: สภาวะขีดจำกัดของสะพาน (การกำหนดสมรรถนะที่สภาวะขีดจำกัด) และเงื่อนไขของการออกแบบ (เช่นสภาพน้ำหนักบรรทุกที่จะต้องนำมาใช้ในงานออกแบบ: การผสมผสานสภาพน้ำหนักบรรทุกทุกถาวร ที่มีค่าเปลี่ยนแปลงและสภาวะชั่วคราว) จากนั้น จำเป็นที่ข้อกำหนดทางด้านสมรรถนะจะต้องยอมรับได้โดยใช้วิธีการ “ความมั่นใจตามที่กำหนดไว้” ภายในระยะเวลาการออกแบบที่เผื่อไว้ (ทั่วไปคือ 100 ปี) ระดับความมั่นใจที่กำหนดไว้ที่อธิบายไว้ ณ ที่นี้ หมายความว่าถึงตามหลักความน่าเชื่อถือ และยังสามารถเข้าใจได้ว่าข้อกำหนดทางด้านสมรรถนะในข้อกำหนดในการก่อสร้างที่มีการแก้ไขนี้มีพื้นฐานมาจากแนวความคิดของการออกแบบบนพื้นฐานตามหลักความน่าเชื่อถือ

ส่วนล่างของรูปภาพที่ 4 แสดงให้เห็นถึงแนวความคิดในการตรวจสอบสมรรถนะโดยวิธีการใช้ partial factor การผสมผสานกันของการออกแบบและสภาวะขีดจำกัดที่แสดงใน matrix มีการตรวจสอบโดยใช้สูตรในการตรวจสอบในวิธีการใช้ partial factor รูปแบบที่ใช้ในสูตรในการตรวจสอบได้จัดเตรียมไว้ตามการออกแบบวิธีคำนวณน้ำหนักบรรทุกและความต้านทาน (LRFD)

ในปัจจุบัน การแก้ไข ข้อกำหนดของสะพานไฮเวย์ ได้ถูกนำมาใช้ตามแนวทางดังที่แสดงในรูปภาพที่ 4 งานแก้ไขที่กำลังดำเนินการเพื่อพัฒนาข้อกำหนดต่าง ๆ ในการพิสูจน์ระดับสมรรถนะที่ต้องการตามที่กำหนดไว้ใน matrix ในรูปภาพที่ 4 สำหรับแต่ละองค์อาคารโครงสร้าง ความเห็นทางวิศวกรรมที่แตกต่างกันเป็นสิ่งที่จะต้องพิจารณาในขั้นตอนนี้ แนวความคิด “เพียงพอเพื่อตอบสนองความต้องการ” ถือเป็นหลักการข้อกำหนดในการแก้ไข ซึ่งเป็นการที่จะกล่าวได้ว่าสมรรถนะที่กำหนดขึ้นมานั้นที่ได้มีการพิสูจน์แล้วตามวิธีการพิสูจน์สมรรถนะจะสามารถเรียกได้ว่ายอมรับได้สำหรับข้อกำหนดทางด้านสมรรถนะหรือไม่ ในขณะที่เดียวกัน เป็นสิ่งสำคัญว่าจะต้องมีการเมื่ออยู่บ้างในความหมายของคำว่า “เพียงพอเพื่อตอบสนองความต้องการ” ซึ่งก็หมายความว่าวิธีการพิสูจน์สมรรถนะที่กำหนดไว้ นั้นไม่ได้หมายความว่าวิธีการวิธีเดียวที่สามารถนำมาใช้ได้ แต่วิธีการอื่นที่เหมาะสมเห็นชอบโดยผู้ออกแบบโครงสร้างก็สามารถนำมาใช้ได้เช่นกัน

รูปภาพที่ 4 แนวความคิดสำหรับข้อกำหนดทางด้านสมรรถนะสะพานไฮเวย์ดังที่แสดงในงานแก้ไขข้อกำหนดสำหรับสะพานไฮเวย์ ของญี่ปุ่น

ทิศทางในอนาคต

แนวโน้มที่จะเป็นที่แพร่หลายต่อไปสำหรับมาตรฐานการออกแบบสำหรับวิศวกรรมโครงสร้างในญี่ปุ่นก็คือการออกแบบตามระดับสมรรถนะที่ได้นำมาเป็นส่วนหนึ่งกับมาตรฐานการออกแบบ และวิธีการในการพิสูจน์ระดับสมรรถนะได้มีการนำวิธีการแบบ partial factor method ซึ่งมีพื้นฐานมาจากแนวทางวิธีการออกแบบตามหลักความน่าเชื่อถือและการออกแบบวิธีคำนวณกำลังและน้ำหนักบรรทุก (LRFD) แนวความคิดที่ว่า “มาตรฐานการออกแบบตามพื้นฐานการออกแบบตามระดับสมรรถนะ” ที่เป็นลักษณะเฉพาะสำหรับญี่ปุ่นและไม่สามารถพบเจอใน Eurocode หรือข้อกำหนดมาตรฐานสำหรับสะพานไฮเวย์ของ AASHTO

ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น แนวความคิดนี้ได้ถูกริเริ่มเพื่อเป็นตัวเชื่อมของนโยบายผ่อนปรนข้อกำหนดมาตรฐานของรัฐบาล

ตามข้อตกลง WTO/TBT และได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องหลังจากนั้น อย่างไรก็ตาม เมื่อทำการตรวจสอบงานแก้ไขของข้อกำหนดมาตรฐานสำหรับสะพานไฮเวย์ในญี่ปุ่นที่มีการแก้ไขกันอยู่ พบว่ากรอบแนวคิดของการพัฒนานี้ได้ถูกแก้ไขมีไปในทิศทางใหม่

เช่นเดียวกับสหรัฐอเมริกาและประเทศที่ดูหน้าอื่น ๆ ญี่ปุ่นมีจำนวนของสาธารณูปโภคอย่างมากมาย การก่อสร้างสาธารณูปโภคเหล่านี้มีการเร่งดำเนินการตั้งแต่นั้นปี 1960s และมีจำนวนมากในช่วงที่มีการเติบโตทางเศรษฐกิจตั้งแต่ 1970s จนถึง 1980s ในปัจจุบัน เป็นที่ทราบกันว่า การบำรุงรักษาสาธารณูปโภคเหล่านี้จะต้องเป็นสิ่งที่ต้องดูแลในอนาคต

เพราะเหตุนี้ จะเห็นว่าผู้ที่รับผิดชอบในกระทรวงสาธารณูปโภค ที่ดิน การคมนาคมและการท่องเที่ยวและตัวแทนภาครัฐอื่น ๆ เล็งเห็นถึงความยากลำบากในการบำรุงรักษาสาธารณูปโภคให้ได้รับระดับตามที่ต้องการ ดังนั้น จึงพิจารณาว่าแนวความคิดทางด้านการออกแบบตามระดับสมรรถนะจะสามารถทำให้เกิดการยอมรับและแยกแยะของสมรรถนะของโครงสร้างประเภทต่าง ๆ กัน ซึ่งไม่สมควรจะต้องละเลยแนวความคิดนี้ เมื่อมองถึงการพัฒนาระบบการออกแบบตามระดับสมรรถนะของโครงสร้างภายในอนาคต



(หน้าที่ 4~7)

รายงานสำหรับการซ่อมแซมรอยแตกจากความล้าของ Orthotropic Deck ในสหราชอาณาจักร

โดย Shigeyuki Hirayama, Highway Technology Research Center; Susumu Inokuchi, Yokogawa Bridge Corporation; Daisuke Uchida, Mitsui Engineering & Shipbuilding; and Atsunori Kawabata, JFE Engineering Corporation

รอยแตกจากความล้าในบริเวณรอยเชื่อมระหว่างแผ่นเหล็ก deck และ trough rib ของสะพานเหล็ก orthotropic ซึ่งเริ่มมาจากฐานรอยเชื่อมและแทรกซึมลงผ่านรอยเชื่อมสามารถพบได้ในญี่ปุ่น รอยแตกเหล่านี้ซึ่งเรียกว่า bead-through cracks สามารถพบเห็นได้ในสะพานที่มีปริมาณการจราจรหนาแน่น บางครั้งรอยแตกเหล่านี้มีการแทรกซึมไปยัง trough rib หรือแผ่นเหล็ก deck plate และทำความเสียหายแก่สะพาน

รอยแตกแบบ bead-through cracks ได้ถูกค้นพบในญี่ปุ่นครั้งแรกในทางด่วน Hanshin Expressway เมื่อปี 1993 ภายหลังเมื่อเทคนิคและความถูกต้องของการตรวจสอบสะพานมีการปรับปรุงให้ดีขึ้น รอยแตกประเภท bead-through ได้ตรวจพบว่ามีจำนวนมากขึ้น หลายองค์กรได้ทำการศึกษาทั้งด้านการทดสอบและการวิเคราะห์ของรอยแตกประเภทนี้ แท้จริงแล้ว การค้นพบรอยแตกแบบ bead-through cracks ครั้งแรกได้ถูกรายงานที่สะพาน Richemont ประเทศฝรั่งเศสในปี 1970s นอกจากนี้สะพาน Severn ในประเทศอังกฤษก็ค้นพบรอยแตกประเภทนี้ในระยะเวลาช่วงเดียวกันและมีการซ่อมแซมโดยวิธีการเชื่อมอีกครั้ง เรายังได้ศึกษาถึงกลไกการเกิดและวิธีการซ่อมแซมของรอยแตกแบบ bead-through นี้ หลังจากนั้น มีการตรวจเยี่ยมสถานที่ก่อสร้างเป็นเวลา 10 วันที่เกี่ยวกับการซ่อมแซมรอยแตกจากความล้าในสะพาน orthotropic เช่นสะพาน Severn ในสหราชอาณาจักรเมื่อเดือนเมษายน 2011 การตรวจเยี่ยมสถานที่ก่อสร้างมีขึ้นที่สะพาน Severn และ Erskine บทความนี้รายงานถึงผลการตรวจเยี่ยมสถานที่ก่อสร้างเกี่ยวกับปัญหาด้านความล้าของสะพาน orthotropic ในสหราชอาณาจักร

รายละเอียดของสะพาน Severn และ Wye

สะพาน Severn เป็นสะพานแขวนข้ามแม่น้ำ Severn ในด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ของสหราชอาณาจักร สะพาน Severn เรียกว่าสะพานข้ามแม่น้ำ Severn ด้วยสะพาน Wye สะพานข้าม Aust และสะพานข้าม Beachley ซึ่งข้ามพรมแดนระหว่างอังกฤษและเวลส์ สะพาน Severn ได้ถูกเปิดใช้เมื่อปี 1966 สะพานมีความยาว 1,600 เมตรและมีความยาวช่วงหลัก 988 เมตร (รูปภาพที่ 1) ส่วน Box Girder ได้นำมาใช้เพื่อเป็นส่วนเสริมกำลัง girder ตามผลการทดสอบอุโมงค์ลม เลนสำหรับคนเดินและจักรยานมีตำแหน่งที่แต่ละด้านของ girder หลักและยังนำมาใช้เป็นเลนสำหรับพาหนะเพื่อการบำรุงรักษาสะพาน (รูปภาพที่ 1) ความหนาของแผ่นเหล็ก deck คือ 11.5 มิลลิเมตรและรูปร่างของ trough rib คือ (B) 305 มิลลิเมตร × (t) 6 มิลลิเมตร × (H) 230 มิลลิเมตร Diaphragm ด้านในอยู่ที่ระยะทุก ๆ 4,600 มิลลิเมตร และ trough rib ได้ถูกเชื่อมรอบ ๆ กับ diaphragm ด้านใน รอยต่อของแผ่นเหล็ก deck เป็นรอยเชื่อมในแต่ละทิศทางตามยาวและด้านขวาง ผิวถนนเป็น mastic แอสฟัลท์ที่มีความหนา 35 มิลลิเมตร สะพาน Wye เป็นสะพานขึงระนาบเดียวมีทาวเวอร์คู่ และมีมิติโครงสร้างเช่นเดียวกับกับสะพาน Severn

ในปี 1977 ภายหลังจากการเปิดใช้สะพาน Severn เป็นเวลา 11 ปี รอยแตกจากความล้าได้ถูกสังเกตพบที่ส่วน orthotropic deck รอยแตกเหล่านี้ถูกจัดประเภทเป็น 3 ประเภทตามตำแหน่ง

การเกิด (1) รอยเชื่อมระหว่างแผ่น deck และ trough rib (2) หน้าตัดระหว่าง trough rib และคานขวาง และ (3) รอยเชื่อมระหว่างด้านล่างของ trough rib และ diaphragm ส่วนที่ลายน้ํา (รูปภาพที่ 2) diaphragm ส่วนที่ลายน้ําได้ถูกติดตั้งที่ส่วนปลายของบล็อกรับ box girder เพื่อที่จะป้องกันการรั่วซึมของน้ําเข้าไปเมื่อลายน้ําเพื่อการขนส่งขนบนน้ําในแม่น้ำ เพราะว่า diaphragm นี้มิได้ถูกรื้อถอนออกไปภายหลังจากการก่อสร้าง จึงเป็นจุดที่เกิดรอยแตกจากความล้ารอบ ๆ รอยเชื่อมระหว่างด้านล่างของ trough rib และ diaphragm ส่วนที่ลายน้ํา ในครั้งแรกได้มีการตรวจพบรอยแตก 15 รอยที่รอยเชื่อม และภายหลังจากนั้น มีพบอีก 160 รอยแตกในปี 1985 รอยแตกทั้งหมดอยู่ในเลนจราจรอันแรก ที่ซึ่งเป็นทางสัญจรของรถใหญ่

รูปภาพที่ 1 สะพาน Severn

รูปภาพที่ 1 หน้าตัดของ Severn Crossing

รูปภาพที่ 2 รอยแตกจากความล้าที่พบใน Severn Crossing

การซ่อมแซมโดยการเชื่อมใหม่ที่สะพาน Severn และ Wye

ได้มีการศึกษามากมายที่ TRRL (Transport and Road Research Laboratory) เพื่อที่จะตัดสินใจวิธีในการซ่อมรอยแตกจากความล้า การศึกษาเหล่านี้ชี้ให้เห็นว่ากำลังด้านทานความล้าของรอยเชื่อมระหว่างแผ่น deck และ trough rib มีกำลังมากขึ้นโดยการเพิ่มความหนาของ throat จากนั้นงานซ่อมโดยการเชื่อมขึ้นใหม่ที่สะพาน Severn ได้เริ่มขึ้นในช่วงครึ่งหลังของปี 1980s เพื่อที่จะคงความหนาของ throat ให้ได้เพียงพอตามกำหนด

ภายหลังจากการติดตั้ง ส่วนปลายของ trough rib ได้ถูกตัดให้ขนาดกันกับผิวด้านล่างของแผ่น deck ในขั้นตอนของการเชื่อมใหม่ ส่วนนี้จะถูกตัดไป (ไม่ถูกบากเป็นร่องตามที่กระทำทั่วไป) อีกครั้งหนึ่งเพื่อที่จะสามารถทำการเชื่อมแบบ partial penetrate และสามารถรักษาความหนาของ throat ได้ เครื่องที่ใช้ในการตัดต้นฉบับได้ถูกพัฒนาขึ้นมา (รูปภาพที่ 3) เครื่องตัดนี้สามารถที่จะเคลื่อนที่ไปตามยาวทุก ๆ 1 เมตรและเครื่องตัดมีการรองรับโดย guide flames เพื่อที่จะสามารถตาม deformation ของแผ่น deck และ web ของ trough rib ได้ สภาพการเชื่อมได้ถูกกำหนดโดยการทดสอบภาคสนาม 51 ครั้ง สำหรับสภาพการทำงาน 13 สภาพที่ต่างกัน และการซ่อมแซมแบบเชื่อมใหม่ได้กระทำขึ้นโดยรักษาความหนาของ throat ที่ 7.5 มิลลิเมตร โดยเชื่อมผ่าน 3 ครั้งตามผลของการทดสอบเหล่านี้ (รูปภาพที่ 4) ความยาวทั้งหมดของการเชื่อมอีกครั้งหนึ่งรวมกันประมาณ 20 กิโลเมตร สำหรับรอยเชื่อมที่อยู่ในตำแหน่งภายใต้ลอร์ด งานซ่อมนี้กระทำในขณะที่การจราจรด้านบนได้ถูกจำกัดลงเพื่อลดภาวะความไม่

สะดวกในการจรรยาของการปิดช่องทาง ดังนั้น ระยะเวลาในการซ่อมแซมจึงกลายเป็น 18 เดือน

รูปภาพที่ 3 เครื่องตัดแบบดั้งเดิม

รูปภาพที่ 4 การทดสอบ Macro Etching สำหรับรอยเชื่อมดั้งเดิมและการเชื่อมชิ้นใหม่

การตรวจเยื่อมภาคสนามที่สะพาน Severn และ Wye

ในการตรวจเยื่อมภาคสนามที่ Severn Crossing เราได้ตรวจพบเงื่อนไขของรอยต่อที่มีการเชื่อมชิ้นใหม่ใน box girder และเงื่อนไขสภาพของหน้าตัดแอสฟัลท์ เราพบว่าปริมาณการจรรยาจะมีน้อยมาก เหตุผลก็คือปริมาณการจรรยาประมาณ 70 % อาจจะไปอยู่ที่สะพาน Severn อันที่สองซึ่งเปิดเมื่อปี 1996 ที่ส่วนด้านท้ายน้ำของสะพาน Severn ส่วนปะซ่อมแซมต่าง ๆ เป็นการหล่อพื้นแอสฟัลท์ขึ้นอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งทำงานเมื่อปี 1991 ดังที่สามารถเห็นได้ในตำแหน่งของล้อรถ (รูปภาพที่ 2) ในการเข้าไปตรวจดูภายใน box girder เราสามารถตรวจพบสภาพของรอยเชื่อมที่มีการเชื่อมใหม่ระหว่างแผ่น deck และ trough rib และระหว่าง trough rib และ diaphragm, รอยเชื่อมระหว่างด้านล่างของ trough rib และ diaphragm ที่ลอยน้ำซึ่งได้รับการซ่อมแซม (รูปภาพที่ 5)

ในการเชื่อมใหม่ 3 ครั้ง ดูเหมือนว่าความแตกต่างของขนาดรอยเชื่อมระหว่างแผ่น deck และ trough rib มีขนาดเล็กกว่าและคุณภาพของรอยเชื่อมดีกว่ารอยเชื่อมครั้งก่อน การซ่อมรอยเชื่อมโดยใช้แผ่นเหล็ก backing ได้นำมาใช้เพื่อป้องกันรอยแตกจากความล้าที่หน้าตัดระหว่าง trough rib และ diaphragm เพื่อที่จะแก้ไขรอยแตกจากความล้าขนาดใหญ่ที่รอยเชื่อมระหว่าง trough rib และ diaphragm ที่ลอยน้ำ ส่วนด้านล่างของ trough rib ได้ถูกตัดออกบางส่วนและวัสดุ bypass ได้ถูกติดตั้งขึ้น diaphragm ส่วนที่ลอยน้ำได้ถูกเคลื่อนย้ายออกเมื่อเกิดปัญหาด้านความล้า

การตรวจสอบทั่วไปทุก ๆ 2 ปีและการตรวจสอบหลัก ๆ ทุก ๆ 6 ปีได้นำมาใช้สำหรับสะพานที่มีช่วงยาวในสหราชอาณาจักร เช่น สะพาน Severn รอยแตกจากความล้าหรือ defect ที่พบโดยการตรวจสอบทั่วไปได้ถูกซ่อมแซมในแต่ละกรณี ถึงแม้ว่าจำนวนของรอยแตกจากความล้าที่พบใหม่ ๆ จะน้อยลงเพราะว่าจำนวนการจรรยาที่ลดลงเนื่องจากการเปิดสะพาน Severn ที่สอง แต่ยังมีรอยแตกประมาณ 50 จุดที่ยังต้องซ่อมแซมทุก ๆ ปี

รูปภาพที่ 2 สภาพของหน้าตัดของสะพาน Severn

รูปภาพที่ 5 การซ่อมแซมรอยแตกจากความล้าที่ สะพาน Severn

รายละเอียดของสะพาน Erskine

สะพาน Erskine เป็นสะพานซึ่งระนาบเดียวซึ่งมีตำแหน่งอยู่ด้านบนแม่น้ำ Clyde ใน West Glasgow ของ Scotland (รูปภาพที่ 3) ความยาวของสะพานคือ 1,321 เมตร และเปิดใช้เมื่อปี 1971 สะพานนี้เป็นเส้นทางหลักไปยัง Scotland และในขณะนั้นปริมาณจรรยาจะมีมากกว่า 4,000 คันต่อวัน แต่เป็นที่ชัดเจนว่าสะพานนี้ไม่สอดคล้องกับข้อกำหนดที่แสดงในรายงาน Merrison และเสริมกำลังและ re-strain เคเบิลในช่วง 1970s ถึง 1980s และในปี 2004 (รูปภาพที่ 4) ระบบ orthotropic deck ในสะพาน Erskine ความหนาของแผ่น deck คือ 12.7 มิลลิเมตรและ rib รูปตัว V ได้นำมาใช้เป็น rib ทางด้านยาวหนา 5 มิลลิเมตร ผิวหน้าเป็น mastic asphalt ที่มีความหนา 38 มิลลิเมตรเช่นเดียวกับกับสะพาน Severn

รูปภาพที่ 3 สะพาน Erskine

รูปภาพที่ 4 การเสริมกำลังตามรายงาน Merrison

การตรวจเยื่อมภาคสนามที่สะพาน Erskine

รูปภาพที่ 6 แสดงชนิดหลักของรอยแตกจากความล้า 3 ประเภทซึ่งได้ตรวจพบที่สะพาน Erskine; (1) รอยต่อระหว่างแผ่น deck และ trough rib, (2) รอยต่อระหว่างแผ่น trough rib และ diaphragm, (3) รอยต่อระหว่างแผ่น deck และเหล็กเสริมกำลังในแนวตั้ง รอยแตกกว่า 1,200 รอยหรือ defect รวมถึงอันที่ตรวจพบที่ไม่มี orthotropic deck ที่มีการซ่อมแซมในสะพาน Erskine ในการตรวจเยื่อมภาคสนาม เราตรวจพบรอยแตกจากความล้าทั้งสามชนิดนี้

รูปภาพที่ 5 แสดงตัวอย่างของรอยแตกซึ่งเกิดที่ bead ซึ่งเรียกว่า "Bead-through crack." รอยแตกแบบ bead-through ประมาณ 10 รอยได้ตรวจพบในสะพานและรอยแตกบางรอยได้ถูกซ่อมแซมโดยการตัดปลายของ trough rib และทำการเชื่อมใหม่ 3 ครั้งเช่นเดียวกับกับสะพาน Severn ถึงแม้ว่าความยาวของรอยแตกจากความล้าดังที่แสดงในรูปภาพที่ 5 มีความยาวกว่า 700 มิลลิเมตร รอยต่อก็ไม่ลามไปยังแผ่น web ของ trough rib ดังกรณีที่พบในญี่ปุ่น เหตุผลน่าจะเป็นสภาพของการเชื่อมและการตัดที่รอยเชื่อมระหว่างแผ่น deck และ trough rib และมีติของ trough rib มีค่าต่างกันระหว่างสหราชอาณาจักรและญี่ปุ่น

รูปภาพที่ 6 รอยแตกจากความล้าตามที่ตรวจพบที่สะพาน Erskine

รูปภาพที่ 5 รอยแตกแบบ Bead-through ที่สะพาน Erskine

บทสรุป

เราสามารถที่จะเรียนรู้ถึงปัญหาเกี่ยวกับความล้าใน orthotropic deck และแนวทางการบำรุงรักษาในสหราชอาณาจักรโดยการตรวจเยี่ยมสถานที่ก่อสร้าง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในโครงสร้างสะพานแบบช่วงยาวที่ได้ตรวจเยี่ยม บริษัทเอกชนจะต้องทำงานบำรุงรักษาสะพานเป็นเวลานาน และเราพบว่าพวกเขาจะต้องมีการเฝ้าดูสะพานอย่างหนักในอนาคตอีกด้วย จึงเป็นสิ่งจำเป็นที่มีความหมายว่าวิศวกรเหล่านี้สามารถตรวจจุดและทำการตรวจสอบงานซ่อมแซมอย่างเป็นระบบ และเราควรสามารถอ้างอิงสิ่งเหล่านี้มาใช้ในญี่ปุ่นได้



(หน้าที่ 8~11)

การบำรุงรักษาและเสริมกำลังสะพานเหล็ก รองรับ Tokaido Shinkansen

โดย Hideki Kaji, Shinkansen Operations Division,
Kazuya Takahashi, Chuo Shinkansen Promotion
Division and Yuichi Ito, General Technology Division,
Central Japan Railway Company

สะพานทางรถไฟความยาวทั้งสิ้น 22.1 กิโลเมตรได้ถูกสร้างขึ้นที่ Tokaido Shinkansen (เส้นทางสาย bullet train) การก่อสร้างสะพานเหล่านี้มีการใช้โครงสร้างเหล็กที่มีการเชื่อมอย่างเต็มที่ เป็นโครงสร้างแรกที่มีการใช้วิธีนี้ในญี่ปุ่น

เพราะว่าสะพานเหล็กมีการตอบสนองทางด้านพลศาสตร์กับน้ำหนักบรรทุกของรถไฟมากกว่าสะพานคอนกรีต และเพราะว่ารถไฟในปัจจุบันมีการวิ่งที่มีความถี่สูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับในช่วงแรกที่เปิดทางรถไฟ งานที่ต้องพิจารณาเกี่ยวกับความล้าในบริเวณรอยเชื่อมและความคงทนเริ่มที่จะเป็นปัญหาสำคัญ เพราะว่าความยาวทั้งหมดของรอยเชื่อม bead ตามยาว (เรียกว่า longitudinal beads) ของชิ้นส่วนของค้ำอาคารที่สำคัญมีอยู่มาก จึงเป็นการยากที่จะจำกัดความสนใจอยู่ที่บางหน้าตัดระหว่างการตรวจสอบ นอกจากนี้ หลังจากที่เกิดรอยแตกเริ่มขึ้นที่ bead มันจะลามไปอย่างรวดเร็ว เพราะเหตุนี้ จึงจำเป็นในการบำรุงรักษาสะพานเหล็กที่จะต้องลดจำนวนปัญหาของการเกิดรอยแตกจากความล้าในรอยเชื่อม bead ในทางยาว (รูปภาพที่ 1)

เพื่อที่จะบรรลุเป้าหมาย การทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกจากความล้าและการวิเคราะห์ FEM ใน 3 มิติได้นำมาใช้โดยใช้โมเดลสะพานเต็มขนาดหรือองค์อาคารของสะพานรถไฟเหล็กที่มีอยู่ที่ห้องทดสอบ Komaki Research Laboratories ของบริษัท

East Japan Railway ซึ่งนำไปสู่การพัฒนาของเทคนิคการเสริมกำลังสะพานเหล็กแบบใหม่ในการบำรุงรักษาแบบป้องกัน เช่นการเสริมกำลังรอยต่อของระบบพื้น การเปลี่ยนและเสริมกำลังของจุดรองรับ และการใส่ไม้หมอนเพิ่มเติม เทคนิคเหล่านี้จะนำมาใช้ในโครงการขนาดใหญ่เพื่อบูรณะสะพานทางรถไฟเหล็กของ Tokaido Shinkansen และนำมากล่าวถึงดังนี้

หลังจากนั้น ภายหลังจากการนำมามาตรการในการป้องกันการเสื่อมลงของโครงสร้าง บริษัทวางแผนที่จะกำหนดสภาพใช้งานของโครงสร้างสะพานเหล่านี้ทำการกำหนดช่วงเวลาใช้งานซึ่งองค์อาคารของโครงสร้างเหล่านี้จะต้องถูกเปลี่ยนให้เป็นมาตรการในการบูรณะซ่อมแซม

รูปภาพที่ 1 รอยเชื่อม Bead ทางยาว

การบำรุงรักษาและการเสริมกำลังสะพานรถไฟเหล็ก

● การตรวจสอบ Longitudinal Beads

เป็นที่ทราบกันว่ากำลังต้านทานความล้าของรอยเชื่อม bead ตามยาวจะกระทบเนื่องจาก defect ภายในบริเวณรอยเชื่อม จากผลการสำรวจสะพานจริงโดยใช้การทดสอบอุลตราโซนิก และผลของการรื้อแยกสะพานจริงที่เอาออกมาจาก Tokaido Shinkansen เป็นที่ยอมรับกันว่าพบ blowhole จำนวนหนึ่ง

ที่ห้องทดสอบ Komaki Research การทดสอบความล้าได้กระทำทั้งสองกรณี: การทดสอบโดยใช้สะพานเหล็กที่ใช้งานมาแล้ว 35 ปีตั้งแต่เริ่มมีการใช้ Shinkansen และรื้อถอนออกภายหลังจากการสร้าง Shinagawa Station อันใหม่เมื่อฤดูใบไม้ผลิ ปี 2003; และการทดสอบอีกอันหนึ่งโดยใช้ชิ้นส่วน Girder ขนาดใหญ่ซึ่งมีการเจาะรู blowhole ไว้เต็มไปหมด (รูปภาพที่ 1) ผลของการทดสอบสำหรับชิ้นส่วนสะพานเต็มขนาดและชิ้นส่วน Girder ที่กำหนดไว้เป็น “Class D” ตามคู่มือการออกแบบต้านทานความล้าสำหรับ Japanese Society of Steel Construction และองค์กรอื่น ๆ (รูปภาพที่ 2) แต่หน่วยแรงที่เกิดขึ้นตามที่วัดได้ในสะพานเหล็กทั้งหมดใน Tokaido Shinkansen มีค่าต่ำกว่าค่าพิสัยความล้าของ Class D แม้ว่า จะได้นำสัมประสิทธิ์ที่แตกต่างกันสำหรับน้ำหนักล้อรถไฟที่มีการคาดการณ์ไว้ในการเดินรถไฟ อย่างไรก็ตามในกรณีที่สะพานเหล็กมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากความเสียหายชนิดอื่นและส่งผลให้หน่วยแรงที่เกิดขึ้นมีค่าเพิ่มขึ้นและในกรณีที่เกิดการขึ้น ๆ ลง ๆ ของน้ำหนักบรรทุกจากล้อรถตามสภาพการบำรุงรักษาของทางรถไฟ ไม้หมอนและโครงสร้างอื่น ๆ เป็นไปได้ว่าหน่วยแรงที่เกิดขึ้นจะเพิ่มขึ้นเกินกว่าขีดจำกัดความล้าของ longitudinal bead

วิธีการสองวิธีได้มีการพัฒนาขึ้นเพิ่มที่ลดระดับการเพิ่มขึ้น

ของหน่วยแรงใน longitudinal bead โดยการป้องกันการเกิดความเสียหายซึ่งก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในโครงสร้างสะพาน วิธีแรกคือการเสริมกำลังรอยต่อในระบบพื้น (stringers และ girder ขวาง) และอีกวิธีหนึ่งก็คือการยกเลิกและเสริมกำลังจุดรองรับ (รูปภาพที่ 3) วิธีการเหล่านี้ได้นำเสนอด้านล่าง

รูปภาพที่ 1 สภาพในการทดสอบความล้ม

รูปภาพที่ 2 ผลการทดสอบ longitudinal bead

รูปภาพที่ 3 มาตรการของการควบคุมการเสื่อมลงของโครงสร้าง

การเสริมรอยต่อของระบบพื้น

ได้มีการยืนยันในการสำรวจสภาพของสะพานที่แท้จริงไว้ว่า รอยแตกจากความล้มได้เกิดขึ้นในรอยต่อระบบพื้นที่เป็นส่วนหนึ่งของโครงถัก through truss และ plate girder โครงถัก through truss มีรอยแตกที่เกิดขึ้นในโซนการเชื่อมกล่องที่ stringer pedestal และในโซนการเชื่อม box ภายใน slit ที่หน้าตัดของ pedestal และแผ่นเหล็กเสริมกำลังแนวตั้งหรือคานขวาง มีการยืนยันว่าในวิธีการวิเคราะห์ FEM ใน 3 มิติ ซึ่งรอยต่อเช่นนี้เพิ่มหน่วยแรงทางยาว และมีแนวโน้มที่จะเพิ่มรอยแตกซึ่งเริ่มขึ้นจาก bead ทางยาว เพราะเหตุนี้ เราขอเสนอวิธีการเสริมกำลังเพิ่มลดระดับการเกิดรอยแตกที่รอยต่อระบบพื้นดังต่อไปนี้

● การเสริมกำลังรอยต่อระบบพื้นของ through truss

ได้มีการยืนยันก่อนหน้านี้อันว่ารอยแตกหลายประเภทได้เกิดขึ้น เพราะว่าปัญหาที่เกี่ยวข้องกับรายละเอียดของรอยต่อระบบพื้น

ประการแรก หน่วยแรงได้ถูกวัดออกมาและสภาพะในการก่อให้เกิดรอยแตกจากความล้มได้ถูกวิเคราะห์ขึ้น และหลังจากนั้น ประเด็นเกี่ยวกับความปลอดภัยของโครงสร้างที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมความล้มได้ถูกศึกษาขึ้น ผลที่ได้รับ ก็คือมีความชัดเจนว่ารอยแตกจากความล้มสามารถที่จะเกิดขึ้นได้ในรอยต่อระบบพื้น และรอยแตกจะเริ่มขึ้นใน 2 ส่วน: โซนของการเชื่อมที่หน้าตัดของ stringer pedestal และส่วนด้านบนของแผ่นเหล็กเสริมกำลังแนวตั้ง และ โซนของรอยเชื่อมใน box ภายใน slit ที่หน้าตัดของ stringer pedestal และคานขวาง (รูปภาพที่ 4)

ต่อมา เราขอเสนอวิธีการเสริมกำลัง (รูปภาพที่ 2) เพื่อที่จะควบคุมพฤติกรรม deformation ของโครงสร้างที่เป็นเหตุให้เกิดรอยแตกตามที่กล่าวถึง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการทดสอบแบบน้ำหนักบรรทุกคงที่และความล้มได้กระทำขึ้นโดยใช้ชิ้นส่วนโครงสร้างขนาดเต็มสำหรับรอยต่อระบบพื้นซึ่งชิ้นส่วนเสริมกำลังได้เชื่อมติดกัน ความมีประสิทธิภาพของชิ้นส่วนที่เชื่อมต่อเป็นการเพิ่มกำลังต้านทานความล้มและในที่สุดถือว่าเป็นวิธีการที่ใช้สำหรับนำมาใช้กับสะพานจริงในการวัดระดับหน่วยแรงก่อนและหลังการ

เสริมกำลัง เพราะเหตุนี้ จึงอาจสรุปได้ว่าการติดตั้งชิ้นส่วนเสริมกำลังขึ้นมา หน่วยแรงจะถูกลดลงไปยังระดับที่ต่ำกว่าที่ปกติความล้มในโซนการเชื่อมที่หน้าตัดของ stringer pedestal และปลายด้านบนของแผ่นเหล็กเสริมกำลังในแนวตั้ง และในบริเวณโซนการเชื่อมใน box ภายใน slit ที่หน้าตัดของ stringer pedestal และคานขวาง

รูปภาพที่ 4 รอยแตกจากความล้มในรอยต่อระบบพื้น (Through Truss)

รูปภาพที่ 2 รอยต่อระบบพื้นก่อนและหลังขั้นตอนมาตรการการเสริมกำลัง

● การเสริมกำลังรอยต่อระบบพื้นของ through plate girder

ได้มีการยืนยันก่อนหน้านี้อันว่ารอยแตกจากความล้มได้ถูกตรวจพบที่รอยต่อของ stringer และคานขวางของ deck ผ่าน plate girder (รูปภาพที่ 5)

เป็นที่ทราบกันว่ารอยแตกจากความล้ม 3 ประเภทที่ถูกตรวจพบในรอยต่อเหล่านี้: ① รอยแตกในส่วนของร่องใน stringer ที่ flange ด้านบน, ② รอยแตกในส่วนของร่องใน stringer ที่ flange ด้านล่าง, และ ③ รอยแตกที่รูเจาะ rivet ใน stringer ของแผ่น web (รูปภาพที่ 6) ในกรณีที่รอยแตกเหล่านี้มีการลามออกไป ความต่อเนื่องของโครงสร้างใน stringere ที่วางประกบคานขวางจะสูญเสียไป และด้วยเหตุนี้ จึงถือว่าหน่วยแรงในคานด้านยาวจะเพิ่มขึ้นเมื่อหน่วยแรงเพิ่มขึ้นใน through truss ที่จะกล่าวถึงต่อไป

เพื่อที่จะแก้ไขปัญหานี้ การทดสอบโดยใช้น้ำหนักบรรทุกคงที่ได้นำมาใช้เพื่อเป็นวิธีการตรวจสอบเพื่อเสริมกำลังของรอยต่อ stringer และคานขวาง แล้วโครงสร้างเพื่อการเสริมกำลังได้พบว่าเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพที่สุดในการลดหน่วยแรง การทดสอบนี้ยืนยันว่าโดยการติดตั้ง bracket รูปเรือและองค์อาคารเสริมกำลังอื่น ๆ ไปยังที่รอยต่อระบบพื้น (รูปภาพที่ 3) หน่วยแรงที่เกิดขึ้นที่สามจุดดั่งนี้แสดงในรูปภาพที่ 6 สามารถที่จะลดลงได้

รูปภาพที่ 5 Open Deck-type ผ่าน Plate Girder

รูปภาพที่ 6 รอยแตกจากความล้มในรอยต่อระบบพื้น (ผ่าน Plate Girder)

รูปภาพที่ 3 มาตรการเสริมกำลังโดยใช้ bracket รูปเรือ (ผ่าน plate girder)

มาตรการที่ใช้สำหรับจุดรองรับ bearing ของ Girder

จากผลการวัดหน่วยแรงในสะพานที่ใช้งานพบว่าเมื่อการทำงานของจุดรองรับ bearing มีการเสื่อมลง จะมักทำให้เกิดการเพิ่มของหน่วยแรง ตาม longitudinal bead อย่างมาก ในสะพานเหล็กซึ่งมีแผ่นเหล็กติดกับ girder โดยการเชื่อม หน่วยแรงเกิดขึ้นในโซนของรอยเชื่อมในแผ่นเหล็กและความเสียหายจากความล้าที่เกิดจากการเพิ่มของหน่วยแรงจากลวดเหล็กเข้าไปใน flange และ web ของ girder หลัก ซึ่งเป็นผลเสียอย่างมากสำหรับการบำรุงรักษาสะพานเหล็ก

รูปภาพที่ 7 แสดงตำแหน่งที่มีการวัดหน่วยแรงที่พื้นผิวของแผ่นเหล็กในบริเวณโซนการเชื่อมก่อนและหลังการเปลี่ยนแปลงจุดรองรับ และรูปภาพที่ 8 แสดงผลของการวัดหน่วยแรงนี้ หน่วยแรงขนาดใหญ่เกิดขึ้นที่ผิวหน้าของแผ่นเหล็กในโซนการเชื่อม และแรงบิดเกิดขึ้นที่ flange ด้านล่าง หน่วยแรงที่วัดขึ้นที่จุดรองรับก่อนการเปลี่ยนใหม่มีค่าประมาณ 10 เท่าสูงกว่าภายหลังการเปลี่ยน ดังนั้น จึงเป็นสิ่งจำเป็นที่จะต้องบูรณะซ่อมแซมจุดรองรับนี้ให้ดียิ่งขึ้น

รูปภาพที่ 7 ตำแหน่งการวัดหน่วยแรงที่แผ่นเหล็กในโซนการเชื่อม
รูปภาพที่ 8 อัตราส่วนของหน่วยแรงก่อนและหลังการเปลี่ยนที่รองรับ

การปรับปรุงอายุการใช้งานและความคงทนของสะพานรถไฟเหล็ก

รอยแตกจากความล้าที่เกิดขึ้นจาก longitudinal bead มีการลามอย่างรวดเร็วภายหลังการเกิดและยากที่จะตรวจพบระหว่างการทำการตรวจสอบ เพื่อเป็นมาตรการที่มีประสิทธิภาพในการติดตามรอยแตกเช่นนี้ จึงกำหนดไว้ว่าให้ทำการเปลี่ยนทดแทนองค์อาคารที่ได้เกิดปัญหา อย่างไรก็ตาม จากผลของการวิจัย เราเชื่อว่าอายุการใช้งานของสะพานเหล็กสามารถที่จะยืดอายุการใช้งานและความคงทนได้โดยการเสริมกำลังรอยต่อระบบพื้นซึ่งช่วยลดการเสื่อมสภาพลง ในรอยต่อนี้และโดยการวางมาตรการเพื่อรักษาสภาพจุดรองรับ bearing ของ girder

นอกจากนี้ เพราะฉะนั้นน้ำหนักจากล้อรถขนาดใหญ่เกิดขึ้นในสะพานรถไฟเหล็กที่ไม่มีแผ่นพื้น จึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะป้องกันการเกิดเหตุการณ์เช่นนี้ แนวทางทั่วไปในการแก้ปัญหาที่คือการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางรถไฟ แต่ในปัจจุบัน สามารถที่จะควบคุมระดับที่เปลี่ยนแปลงของน้ำหนักบรรทุกจากล้อรถโดยการติดตั้งโครงสร้างจุดรองรับ bearing บนทางรถไฟที่มีการเสริมไม้หมอนเข้าไปในช่วงระหว่างไม้หมอนให้ดีขึ้น รายละเอียดสำหรับระบบใหม่นี้จะมีการชี้แจงเพิ่มเติมต่อไป

ระยะเวลาการใช้งานและความคงทนของสะพานเหล็กบน Tokaido Shinkansen จะสามารถปรับปรุงขึ้นได้ในอนาคต โดยการใช้วิธีการต่าง ๆ ในการเสริมกำลังที่ได้มีการพัฒนาขึ้นในขณะเดียวกัน สำหรับความจำเป็นที่จะต้องทำการเปลี่ยนขึ้นส่วนสะพานทางรถไฟเหล่านี้ บริษัท East Japan Railway จะทำการเฝ้าดูผลของการเปลี่ยนโครงสร้างและตรวจสอบในช่วงเวลาการทำการเปลี่ยนโครงสร้างถ้าจำเป็น



(หน้าที่ 12~15)

การบำรุงรักษาทางด่วน Metropolitan Expressways

โดย Masasumi Okada, Kanagawa Operation Bureau, Metropolitan Expressway Co., Ltd., Takao Mizoguchi, Kanagawa Construction Bureau, Metropolitan Expressway Co., Ltd., and Tomohiko Aikawa, Highway Technology Research Center

Metropolitan Expressway เป็นเครือข่ายของทางด่วนที่ได้ก่อสร้างขึ้นเพื่อบรรเทาปัญหาการจราจรที่ติดขัดในโตเกียว เมืองหลวงของญี่ปุ่น และพื้นที่รอบ ๆ ในปี 1964 เมื่อมีการจัดโอลิมปิกเกมส์ในโตเกียว ทางด่วนนี้มีความยาวประมาณ 33 กิโลเมตรได้มีการเปิดใช้งานแล้ว ภายหลังจากเกือบ 50 ปีหลังจากนั้น การก่อสร้างทางด่วนได้เติบโตควบคู่กับการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศและในปี 2010 ทางด่วนมีความยาวทั้งสิ้น 301.3 กิโลเมตร ในปีนั้น Metropolitan Expressway ได้ทำสถิติการจราจรหนาแน่นที่สุดในญี่ปุ่น (115,000 คันใน 12 ชั่วโมง หรือ 11,000 คันต่อชั่วโมง)

การบำรุงรักษาของ Metropolitan Expressway ที่มีระยะทางยาว 301.5 กิโลเมตรได้สรุปไว้ตามหัวข้อดังต่อไปนี้

คุณลักษณะของทางด่วน

ตั้งแต่ปี 1958 Metropolitan Expressway Public Corporation ซึ่งในปี 2005 ได้ถูกจัดตั้งขึ้นมาใหม่เนื่องจากการปฏิรูปบริษัทเป็น Metropolitan Express Co., Ltd. บริษัทเอกชน - ทำหน้าที่จัดการการก่อสร้าง การใช้งาน และการบำรุงรักษาของ Metropolitan Expressway

เครือข่ายทางด่วนยาว 301 กิโลเมตรได้แบ่งออกเป็นทางเดินรถ 2 ประเภท: แบบ 4 เลน (2 เลนในแต่ละทิศทาง) และ 6 เลน

(3 เลนในแต่ละทิศทาง)

Metropolitan Expressway ได้ถูกก่อสร้างโดยใช้พื้นที่ด้านบนของแม่น้ำ คลอง ไฮเวย์และพื้นที่สาธารณะอื่น ๆ ให้มากที่สุด เพราะเหตุนี้ ในลักษณะของโครงสร้างที่ประกอบกันเป็น expressway ถนนแบบเรียบมีจำนวนเพียง 5 % ของระยะทางทั้งหมด ในขณะที่ทางล้อยฟ้า สะพานและอุโมงค์มีจำนวนประมาณ 95 % ในขณะเดียวกัน ทางล้อยฟ้าและ สะพานมีจำนวน 80 % ของความยาวทั้งหมด ซึ่งมีจำนวนช่วงความยาวทั้งหมด 11,800 ช่วง (7,770 ช่วงประกอบด้วย girder เหล็ก/ พื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก 1,340 ช่วงประกอบด้วย girder เหล็ก/ deck เหล็ก และ 2,690 ช่วงของ girder PC และ RC) และต่อม่อรวมทั้งหมดเป็น 8,680 ต่อม่อ (ต่อม่อเหล็ก 2,885 ต่อม่อ และ ต่อม่อคอนกรีตเสริมเหล็ก 5,795 ต่อม่อ)

ในปัจจุบัน ประชาชนจำนวน 1.8 ล้านคนใช้ทางด่วน Metropolitan Expressway ต่อวัน เช่นเดียวกับพาหนะจำนวนกว่า 1 ล้านคัน ซึ่งในจำนวนนี้เป็นรถขนาด full-size จำนวน 100,000 คัน อย่างไรก็ตาม ปริมาณการจราจรมีความแตกต่างกันตามช่วงต่าง ๆ ในเครือข่ายทางด่วน ตั้งแต่ 80,000 คัน/ทิศทาง/วัน ในส่วนที่เป็นถนน 6 เลน จนถึง 1,500 คัน/ทิศทาง/วัน ในส่วนที่เป็นถนน 4 เลน

ในการที่จะตรวจสอบ แก้ไข และเสริมกำลังทางด่วนนี้ อย่างปลอดภัย เป็นสิ่งจำเป็นที่จะต้องเปิดพื้นที่ทำงานโดยการปิดเลนจราจรเป็นการชั่วคราว นอกจากนี้ เพื่อที่จะลดภาระการจราจรที่ติดขัดเนื่องจากการทำงานบำรุงรักษาทางด่วน งานก่อสร้างที่จะต้องกระทำในพื้นที่ส่วนที่มีการสัญจรอย่างหนักได้ถูกวางแผนไว้ให้หลีกเลี่ยงช่วงเวลากลางวันและไปทำช่วงกลางคืนเมื่อปริมาณการจราจรเบาบางกว่า

งบประมาณสำหรับการบำรุงรักษาและการใช้งานทางด่วน Metropolitan Expressway เป็นเงิน 61 พันล้านเยนในปี 2012 ในจำนวนนี้ งบสำหรับการตรวจสอบและซ่อมแซม/เสริมกำลังเป็นเงิน 42 พันล้านเยน และเป็นค่าดำเนินการสำหรับทางด่วนที่ 19 พันล้านเยน

ระบบการตรวจสอบและซ่อมแซม/เสริมกำลัง

เพื่อที่จะดำเนินงานตรวจสอบและซ่อมแซม/เสริมกำลังสำหรับเครือข่ายทางด่วน Metropolitan Expressway Co., Ltd. ได้จัดการทำงานตามขั้นตอนที่แสดงไว้ในรูปภาพที่ 1: แผนงานตรวจสอบ → การตรวจสอบ → การวิเคราะห์ → การดำเนินการ (ซ่อมแซมและเสริมกำลัง) → แผนการตรวจสอบ

การตรวจสอบสามารถแบ่งออกเป็น 3 ชนิดขึ้นอยู่กับเป้าหมายและความถี่ในการตรวจสอบ: การตรวจสอบแบบประจำ (การใช้

พาหนะลาดตระเวน และการเดินตรวจสอบ) การตรวจสอบเป็นช่วง ๆ (การตรวจสอบแบบละเอียดและใช้เครื่องมือตรวจสอบ) และการตรวจสอบแบบฉุกเฉิน (ภายหลังจากการเกิดแผ่นดินไหวและอื่น ๆ)

รูปภาพที่ 1 ระบบการตรวจสอบและการซ่อมแซม

● การตรวจสอบแบบประจำ

การตรวจสอบนี้จัดทำขึ้นเพื่อตรวจสอบคุณภาพของโครงสร้างและเพื่อตรวจสอบวัสดุที่ตกหล่นบนถนน ความถี่ของการตรวจสอบประเภทนี้ – วิธีการตรวจสอบโดยใช้พาหนะทุก ๆ 2 ชั่วโมงและการเดินตรวจสอบรอยต่อโครงสร้างและอุปกรณ์อื่น ๆ ทุก ๆ 5 ปี

● การตรวจสอบแบบเป็นช่วง ๆ

เพื่อที่จะให้ได้มาซึ่งความเข้าใจในรายละเอียดของสภาพของโครงสร้าง จำเป็นที่จะต้องมีการตรวจสอบรายละเอียดของโครงสร้าง ซึ่งตามมาตราฐานแล้ว เป็นระยะเวลาทุก ๆ 5 ปี การตรวจสอบนี้ถือว่าเป็นการตรวจสอบที่เป็นพื้นฐานและมีความสำคัญที่สุด

● การตรวจสอบในกรณีฉุกเฉิน

การตรวจสอบชนิดนี้เพื่อที่จะตรวจสอบความเสียหายแก่โครงสร้างและวิเคราะห์ระดับความเสียหายภายหลังจากการเกิดแผ่นดินไหวและพายุ ขนาดใหญ่

ชิ้นส่วนโครงสร้างที่จะต้องซ่อมแซมได้ถูกพิจารณาจากการวิเคราะห์และจัดระดับความสำคัญจากผลของการตรวจสอบตามฐานข้อมูล (METIS: Metropolitan Expressway Maintenance Technical Information System) หลังจากที่มีการซ่อมแซมเสร็จสิ้น ข้อมูลสถิติการซ่อมแซมจะถูกบันทึกไว้ในฐานข้อมูลและเก็บเป็นข้อมูลที่จะใช้ในการทำงานตรวจสอบและแผนการซ่อมแซมต่อไป

การตรวจสอบแบบประจำที่แสดงไว้ในรูปภาพที่ 1 การตรวจสอบแบบละเอียดจากการเดินตรวจสอบในรูปภาพที่ 2 และการตรวจสอบแบบละเอียดแบบเป็นช่วง ๆ ในรูปภาพที่ 3 และการตรวจสอบโดยใช้เครื่องมือในรูปภาพที่ 4

รูปภาพที่ 1 การลาดตระเวนตรวจสอบ (การรับรองถึงการเสื่อมของโครงสร้างจากรถลาดตระเวนตรวจสอบ)

รูปภาพที่ 2 การเดินตรวจสอบ (การเดินตรวจสอบโครงสร้างโดยผู้ตรวจสอบในพื้นที่ที่มีการจำกัดปริมาณจราจรในช่วงกลางคืน)

รูปภาพที่ 3 การตรวจสอบรายละเอียด (การตรวจสอบโดยรถกระเช้า; การตรวจสอบในช่วงกลางวัน ณ สถานที่ซึ่งการจราจรไม่ได้รับผลกระทบมากมาย)

รูปภาพที่ 4 การตรวจสอบโดยใช้อุปกรณ์เครื่องมือ (การทดสอบอุลตราโซนิกของรอยเชื่อมในโครงสร้างเหล็ก)

ตัวอย่างของการซ่อมแซมและการเสริมกำลัง

การซ่อมแซมและการเสริมกำลังรวมถึงการเปลี่ยนทดแทนพื้นถนนซึ่งปรากฏร่องหลุมและรอยแตก และการทาสีกันสนิมโครงสร้างเหล็กใหม่เพื่อป้องกันการกัดกร่อน ปัญหาที่เกิดขึ้นในช่วงหลังนี้เป็นการซ่อมแซมและเสริมกำลังเพื่อป้องกันความล้าของโครงสร้างเหล็ก ตัวอย่างของการวิบัติเนื่องจากความล้าและมาตรการป้องกันได้แสดงไว้ต่อไป

• รอยแตกเนื่องจากความล้าที่มุมของตอม่อสะพานเหล็ก

ในปี 1997 รอยแตกจากความล้าได้ถูกค้นพบที่มุมของตอม่อสะพานเหล็กจุดหนึ่ง จากการวิเคราะห์ตรวจสอบอย่างละเอียดพบว่ารอยแตกชนิดนี้เป็นผลมาจากการรุกรานของความล้าในเหล็ก จากนั้น สาเหตุของสภาพความล้าได้ถูกสมมติขึ้นโดยการทำการทดสอบความล้าโดยใช้ชิ้นทดสอบแบบขนาดจริง จากผลการทดสอบต่อไป ได้มีการนำวิธีการมาใช้เพื่อเชื่อมต่อแผ่นเหล็กตามกับตอม่อสะพานที่มีอยู่โดยใช้สลักเกลียวกำลังสูงเพื่อที่จะลดระดับความเข้มข้นของหน่วยแรงในพื้นที่ที่เกิดรอยแตก

รูปภาพที่ 2 และรูปภาพที่ 5 แสดงตำแหน่งที่เกิดรอยแตกจากความล้า และรูปภาพที่ 6 แสดงวิธีการเสริมกำลังโดยใช้แผ่นเหล็ก

รูปภาพที่ 2 ตำแหน่งที่เกิดรอยแตกจากความล้าที่มุมของตอม่อสะพานเหล็ก

รูปภาพที่ 5 การเกิดรอยแตกจากความล้า (ตรวจสอบพบในแนวการเชื่อมซึ่งเป็นจุดตัดระหว่างคานและเสา)

รูปภาพที่ 6 การเสริมกำลังตอม่อสะพานเหล็กโดยการตามแผ่นเหล็กไปกับตอม่อ

• รอยแตกจากความล้าใน deck เหล็ก

การวิบัติเนื่องจากความล้ามักจะพบได้ในบริเวณ deck โดยเฉพาะแล้ว มีกรณีหลายกรณีที่รอยแตกจากความล้าซึ่งเกิดขึ้นในรอยเชื่อมบนแผ่นเหล็ก deck และ trough rib ลามไปยังทิศทางตามความหนาแผ่นเหล็ก deck และเจาะเข้าไปในแผ่นเหล็ก deck เพื่อเป็นมาตรการป้องกันรอยแตกจากความล้า วิธีการหนึ่งได้นำมาใช้คือ steel fiber-reinforced concrete (SFRC) ซึ่งมีค่าอิลาสติคโมดูลัสสูงกว่าพื้นถนนแอสฟัลท์ เพื่อจะรับรอยแตกจากความล้าโดยใช้ rigidity ที่ได้จากความเค้นซึ่งเกิดในรอยเชื่อมที่ deck เหล็กและ trough rib

เพื่อที่จะตรวจสอบผลของการเสริมกำลังเนื่องจากการใช้ SFRC จึงเป็นสิ่งจำเป็นแต่แรกที่จะเลือกใช้วัสดุและโครงสร้างที่จะ

นำไปใช้ หลังจากนั้นจึงมีการทดสอบความล้าโดยใช้วิธีการทำแผ่นพื้นถนน ซึ่งให้แผ่นพื้นแอสฟัลท์หนา 8 เซนติเมตรมีการเปลี่ยนทดแทนโดยใช้ชั้น SFRC หนา 5 เซนติเมตรวางบนชั้นแอสฟัลท์หนา 3 เซนติเมตร

รูปภาพที่ 7 แสดงการวาง SFRC และโครงสร้างพื้นถนนที่ใช้วิธีการนี้

รูปภาพที่ 7 วิธีการที่ใช้เป็นมาตรการป้องกันความล้าในแผ่นเหล็ก deck โดยการใช้แผ่นพื้น SRRC (ชั้นที่สีน้ำเงิน: epoxy resin)

• มาตรการเพื่อป้องกันความล้าสำหรับแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก

เพื่อที่จะเสริมกำลังแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก วิธีการ 2 วิธีการทั่วไปได้นำมาใช้เพื่อลดระดับโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นจากน้ำหนักบรรทุกจรซึ่งเกิดในแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก 1) การเสริมเติม stringer ระหว่าง gider หลัก และ 2) การเชื่อมต่อแผ่นเหล็กไปยังพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กโดยหวังว่า เมื่อมีการเชื่อมต่อแล้ว แผ่นเหล็กและพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กเดิมจะช่วยกันต้านทานโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นในพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก อย่างไรก็ตาม เพราะว่ามีการใช้ผลิตภัณฑ์เหล็กในวิธีการนี้ การตั้งนั่งร้านที่แข็งแรงเป็นสิ่งจำเป็น และต้องมีความระมัดระวังที่จะเคลื่อนย้ายองค์อาคารที่จะนำมาติดตั้ง

นอกจากนี้ เนื่องจากมีความชัดเจนว่าการเกิดความเสียหายในแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กสืบเนื่องมาจากความล้าที่มีผลมาจากการสั่นของรถ เพราะเหตุนี้ วิธีการในการเสริมกำลังโดยใช้วัสดุชนิดใหม่จึงได้นำมาใช้ วิธีนี้ใช้แผ่นคาร์บอนไฟเบอร์ที่หน้าตัดด้านล่างของแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กเพื่อลดระดับความล้าในพื้นที่เหล่านี้

รูปภาพที่ 8 แสดงแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีการเสริมกำลังด้วยแผ่นคาร์บอนไฟเบอร์ซึ่งปะไว้ด้านล่างของแผ่นพื้นและทำการทาสี และงานเสริมกำลังกำลังดำเนินการอยู่

รูปภาพที่ 8 การเสริมกำลังของแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กที่ใช้แผ่นคาร์บอนไฟเบอร์ (แผ่นคาร์บอนไฟเบอร์ได้ถูกปะไว้ในทิศทางสลับเหลี่ยมกับแผ่นพื้น; มีการเคลือบผิวเพื่อป้องกันการเสื่อมสภาพของ epoxy resin)

การตรวจสอบการบูรณะซ่อมเสริมโครงสร้างขนาดใหญ่ของโครงสร้างต่าง ๆ ของทางด่วน

บริษัท Metropolitan Expressway Co., Ltd. ได้ทำการตรวจสอบโครงสร้างทางด่วนต่าง ๆ อย่างเป็นระบบและเป็นประจำ และทำการซ่อมแซมงานที่จำเป็นตามผลการสำรวจ

อย่างไรก็ตาม ความยาวของเครือข่ายทางด่วนมีทั้งสิ้น 301 กิโลเมตร ซึ่งประมาณ 30 % (หรือประมาณ 100 กิโลเมตร) เป็นโครงสร้างที่มีอายุกว่า 40 ปีในการใช้งาน เพราะเหตุนี้ ความเสียหายในโครงสร้างทางด่วนจำนวนมากซึ่งรองรับการจราจรเป็นเวลายาวนาน และจึงทำให้พบเห็นความเสียหายอย่างรุนแรงในโครงสร้างเหล่านี้

เพราะเหตุนี้ Metropolitan Expressway Co., Ltd. ได้วางแผนการบูรณะซ่อมแซมขนาดใหญ่สำหรับบางส่วนของทางด่วนระยะ 301 กิโลเมตรนี้ แผนงานคือการก่อสร้างสะพานขึ้นใหม่และการเปลี่ยนทดแทนพื้นในช่วงยาว 8 กิโลเมตรซึ่งเกิดความเสียหายอย่างรุนแรง และการซ่อมแซมโครงสร้างทั้งหมดในช่วงยาว 55 กิโลเมตร ในขณะเดียวกัน การคำนวณงบประมาณก่อสร้างคร่าว ๆ ของโครงการนี้ได้ถูกตั้งไว้ที่ 380 ล้านดอลลาร์ สำหรับส่วนโครงสร้างยาว 8 กิโลเมตร และ 250 ล้านดอลลาร์ สำหรับส่วนโครงสร้างยาว 55 กิโลเมตร ซึ่งงบประมาณทั้งหมด 630 ล้านดอลลาร์

ภายใต้หลักการในด้านความปลอดภัยและความสะดวกในการขับขี่ และการบริการที่ให้คุณภาพสูงแก่ผู้ใช้ Metropolitan Expressway Co., Ltd. ได้ตั้งปณิธานในการทำงานบำรุงรักษาในอนาคต (อ้างอิงกับรูปภาพที่ 9)

รูปภาพที่ 9 สะพาน Tsurumi Tsubass (รูปด้านหน้า) และสะพานโยโกฮาม่า (รูปด้านหลัง) ที่เส้นทางเลี้ยวอ่าวของทางด่วน metropolitan การจราจรที่ปลอดภัยได้รับรองโดยการใช้เทคโนโลยีการบำรุงรักษาที่ทันสมัย

เกี่ยวกับทางด่วน Metropolitan Co., Ltd.

ข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับการบำรุงรักษาทางด่วนและการดำเนินการของบริษัทสามารถดูได้ที่

• ข้อมูลเกี่ยวกับบริษัท:

<http://www.shutoko.co.jp/english/>

• การบำรุงรักษา:

<http://www.shutoko.co.jp/english/technology/mm-maintenance/>

■ ■ ■ ■ ■

(หน้าที่ 16~18)

การเปลี่ยนพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กที่มี Deck เหล็กบนสะพาน Mikawaohashi

โดย Tomoo Mito

Eight-Japan Engineering Consultants Inc.

สะพาน mikawaohashi เป็นสะพานระบบ girder เหล็กที่มีความยาว 398 เมตรและช่วง span ที่มีความต่อเนื่อง 2+3+2 ช่วง สะพานนี้อยู่ในตำแหน่งระหว่างเส้นทาง Kanazawa-Mikawa-Komatsu ไฮเวย์สายหลัก ผ่านแม่น้ำ Tedoru ใน Ishikawa สะพานอยู่ในสภาพที่ต้องการการบูรณะซ่อมแซมเนื่องจากสาเหตุปัจจัยดังนี้: การเพิ่มปริมาณการจราจร, การเสื่อมสภาพอย่างต่อเนื่องของแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กเนื่องจากกรดเกลือ, ความต้องการทางเดินเพิ่มเติมในด้านบนของสะพาน (การขยายสะพาน) และมาตรการในการรองรับน้ำหนักบรรทุกจร B-type ที่ต้องการโดย Japanese Highway Bridge Design Specifications

เพื่อเป็นการบรรเทาสถานการณ์ดังกล่าวซึ่งทำให้สะพานเกิดความเสียหาย ระบบที่ได้นำมาใช้ก่อนหน้านี้คือระบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กทั่วไปสำหรับสะพานซึ่งถูกทดแทนโดยระบบ deck เหล็ก (รูปภาพที่ 1) โครงการเปลี่ยนโครงสร้างซึ่งทำงานบนสะพาน Mikawaohashi ดังที่แสดงไว้ดังกล่าว

รูปภาพที่ 1 ส่วนของสะพาน Mikawaohashi (ก่อนและหลังการเปลี่ยนแผ่นพื้น)

ส่วนประกอบของสะพานและความต้องการในการเปลี่ยนแปลง

สะพาน Mikawaohashi ตั้งอยู่ที่ตำแหน่ง 200 เมตรจากปากแม่น้ำ Tedoru ใน Mikawa-Minami เมือง Hakusan, Ishikawa สะพานมีความยาว 398 เมตร (ความยาวช่วงแบ่งออกเป็น: 51.0+58.6, 58.6+59.0+58.6, 58.6+51.0 เมตร) โครงสร้างด้านบนแบ่งออกเป็น plate girder 2 ช่วงที่ต่อเนื่องกันจำนวน 2 ตัวและ plate girder 3 ช่วงที่ต่อเนื่องกันจำนวน 1 ตัว โครงสร้างด้านล่างเป็นตอม่อคอนกรีตเสริมเหล็กแบบกำแพงโดยใช้ระบบฐานรากแบบเคของ (รูปภาพที่ 2)

สะพาน Mikawa ซึ่งเดิมอยู่ที่ตำแหน่งเหนือน้ำจากสะพาน mikawaohashi ได้ถูกก่อสร้างขึ้นเมื่อปี 1938 สะพานนี้ได้ถูกใช้เพื่อการจราจรจนกระทั่งในปี 1972 เมื่อสะพาน Mikawaohashi ได้ถูกเปิดใช้ และหลังจากนั้นนำมาใช้สำหรับรถจักรยานและทางเดิน (รูปภาพที่ 1)

อย่างไรก็ตาม การรื้อถอนสะพาน Mikawa กลายเป็นเรื่องที่ยากลำบากเพราะว่าสภาพความไม่เพียงพอของด้านแม่น้ำ สิ่งนี้เป็นความกังวลหลักสำหรับลักษณะการเปลี่ยนแปลงทางเดินด้านข้างอันใหม่ซึ่งมีการติดตั้งที่ด้านเหนือแม่น้ำของสะพาน Mikawaohashi นอกจากนี้ การเสริมน้ำหนักบรรทุกจร B-type

ได้นำมาใช้สำหรับ girder หลักของสะพาน Mikawaohashi ตั้งแต่ 1997 จนถึง 1998 แต่ว่าเมื่อเกิดการเสื่อมสภาพลงของแผ่นพื้นคอนกรีต (การผุกร่อนของเหล็กเสริมคอนกรีต, การลอกออกของผิวคอนกรีต) มาตรการป้องกันต่าง ๆ เป็นสิ่งที่จำเป็นเช่น การขยายสะพานเพื่อรองรับทางเดินด้านข้างอันใหม่ มาตรการที่จะรองรับน้ำหนักบรรทุกทุก B-type บนพื้น และการลดน้ำหนักสะพานซึ่งมีผลต่อการบูรณะสะพานเพื่อป้องกันแรงแผ่นดินไหว

รูปภาพที่ 1 สะพาน Mikawaohashi และสะพาน Mikawa (ถ่ายจากด้านซ้ายของชายฝั่ง)

รูปภาพที่ 2 แบบทั่วไปของสะพาน Mikawaohashi

งานและแนวทางที่มีกรวางแผนไว้ในกาเพิ่มอายุการใช้งานของสะพาน Mikawaohashi

สิ่งสำคัญ 3 ประการที่เป็นปัญหาของสะพาน Mikawaohashi

● การเสื่อมสภาพลงเรื่อย ๆ ของพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก

การสำรวจสภาพพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กครั้งก่อนหน้านี้ที่กระทำเมื่อปี 1996 พบรอยแตกจำนวนมากและพื้นผิวของคอนกรีตได้มีการลอกออก และในการตรวจสอบสะพานเป็นช่วง ๆ ต่อมาพบว่าเกิดการเสื่อมสภาพมากขึ้นตามลำดับ การสำรวจเมื่อปี 2006 เกี่ยวกับระดับคลอไรด์ ยืนยันว่าการเกิดประจุคลอไรด์ในเหล็กเสริมคอนกรีตจะเพิ่มขึ้นจนถึงระดับที่วิกฤตที่จะเป็นเหตุให้เกิดการผุกร่อนในเหล็ก (รูปภาพที่ 2) เพราะเหตุนี้ จึงได้มีการตั้งสมมติฐานว่าการเสื่อมสภาพลงของแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กจะเป็นไปอย่างรวดเร็วเนื่องจากการผุกร่อนของเหล็กเสริมเนื่องจากความเสียหายจากน้ำทะเล

รูปภาพที่ 2 การเปิดเห็นผิวของเหล็กเสริมคอนกรีตในพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก (รูปถ่ายเมื่อปี 2006)

● ความจำเป็นในการเพิ่มเติมทางเดินด้านข้างอีกอันหนึ่ง

ได้เป็นที่ทราบกันว่าสะพาน Mikawa (สะพานคนเดิน) ที่มีตำแหน่งอยู่ด้านเหนือแม่น้ำจากสะพาน Mikawaohashi จะต้องมีการรื้อถอนโดยเร่งด่วนเพราะสภาพที่ไม่เพียงพอในด้านแม่น้ำดังกล่าวถึงข้างต้น เพราะเหตุนี้ประชาชนบริเวณรอบ ๆ เมือง Hakusan ต้องการว่าภายหลังจากที่มีการรื้อถอนสะพาน Mikawa ทางเดินด้านข้างทางด้านเหนือน้ำของสะพาน Mikawaohashi จะสร้างขึ้นใหม่ทดแทนเพื่อความปลอดภัยและความสะดวกในการใช้

● น้ำหนักที่เบาลงเพื่อการปรับปรุงประสิทธิภาพการรับน้ำหนักบรรทุกเนื่องจากแผ่นดินไหวของสะพาน

เป็นที่ชัดเจนโดยการตรวจสอบต่าง ๆ ว่าการขยายสะพานโดยใช้พื้นคอนกรีตเสริมเหล็กดังที่เป็นอยู่จะเพิ่มน้ำหนักของโครงสร้างซึ่งเป็นการลดประสิทธิภาพของการบูรณะกำลังรับน้ำหนักด้านทานแผ่นดินไหวของสะพาน ดังนั้น การลดน้ำหนักของโครงสร้างจึงเป็นสิ่งจำเป็นในการปรับปรุงกำลังด้านทานแรงแผ่นดินไหวของโครงสร้างสะพานทั้งหมด

เพื่อที่จะหาแนวทางซึ่งสามารถบรรลุจุดประสงค์ทั้งสามได้ การตรวจสอบอย่างละเอียดจึงต้องกระทำเกี่ยวกับการขยายสะพาน และ นอกจากนี้ การเปลี่ยนแปลงพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กและผลที่มีต่อประสิทธิภาพของโครงสร้าง ประสิทธิภาพในการทำงานและต่อม่อสะพานที่มีอยู่ จากผลการศึกษาเหล่านี้ แผ่น deck เหล็กได้นำมาใช้เป็นวิธีการในการทดแทนพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กเพราะเหตุต่อไปนี้: การขยายสะพานและการลดน้ำหนักบรรทุกทุกซึ่งสามารถทำได้ โดยไม่มีผลกระทบต่อการทำงานในการเสริมน้ำหนักบรรทุกทุกแบบ B-type ที่มีการทำงานอยู่และน้ำหนักบรรทุกของโครงสร้างมีการลดลงอย่างมากเพื่อที่จะสามารถปรับปรุงประสิทธิภาพในการต้านทานแรงแผ่นดินไหวภายใต้กรอบของการออกแบบ

การเปลี่ยนแผ่นพื้นโดยที่ไม่มีผลน้อยที่สุดต่อการจราจร

ในการเปลี่ยนทดแทนพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กโดย deck เหล็กจะต้องพิจารณา 2 ประเด็นนี้เมื่อต้องการหาความกว้างของสะพานที่เหมาะสม

● การหาความกว้างสุดท้าย – จากหน่วยแรงใน girder หลัก

การคำนวณแบบสุ่มเพื่อจะหาความกว้างทั้งหมดของสะพานภายหลังจากเสร็จสิ้นมีการพิจารณา 4 กรณีตามหน่วยแรงของ girder หลัก: B=12.6 เมตร, 13.6 เมตร, 14.6 เมตร และ 15.6 เมตร เพราะเหตุนี้ จึงชัดเจนว่าความกว้างจะต้องเป็น 13.6 เมตรหรือน้อยกว่าเพื่อที่จะสามารถคงหน่วยแรงให้อยู่ภายใต้ระดับที่ยอมรับได้ใน girder หลักซึ่งในตอนนี้อยู่ในขั้นตอนเสริมกำลังเพื่อรองรับน้ำหนักบรรทุกจร B-type

● การหาความกว้างสุดท้าย – จากงานแก้ไข

เพราะว่าการจราจรทั้งในช่วงเช้าและตอนเย็นมีจำนวนหนาแน่นและเพราะว่ามีทางข้ามที่ปลายสะพาน จึงเกิดความวิตกว่าจะเกิดการจราจรที่ติดขัดในขณะที่ทำการเปลี่ยนพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กให้เป็น deck เหล็ก ดังนั้น สิ่งที่กำหนดไว้ที่สำคัญก็คือทาง 2 ช่องทาง (1 ช่องทางในแต่ละด้านการจราจร) จะต้องยังคงเปิดอยู่ระหว่างการดำเนินงานแก้ไข ความกว้างที่น้อยที่สุดซึ่งจะยอมให้สำหรับทางเดินรถ 2 เลนสามารถเปิดสัญจรได้คือ

$0.4+6.0\times 2+0.3\times 2+0.2+0.4=13.6$ เมตร

เพราะเหตุนี้ ความกว้าง 13.6 เมตรจึงได้นำมาใช้ว่าเป็นความกว้างที่เหมาะสมที่สุดสำหรับสะพาน (รูปภาพที่ 3)

รูปภาพที่ 3 การพิจารณาความกว้างสุดท้าย – จากงานแก้ไขเปลี่ยนแปลง

(ในกรณีของการคงช่อง 2 ช่องทาง: ความกว้างทั้งหมดที่ 13.6 เมตรหรือมากกว่าเป็นที่ต้องการ)

แนวความคิดในการออกแบบสำหรับการเปลี่ยนแปลงแผ่นพื้น

● การตรวจสอบหน่วยแรงใน Girder หลัก

ในขณะที่สะพาน Mikawaohashi เป็นโครงสร้าง Girder แบบ non-composite ในการที่จะเปลี่ยนทดแทนพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กด้วย deck เหล็ก การตรวจสอบหน่วยแรงสามารถกระทำโดยมีการคิดผลการเป็นโครงสร้างผสมที่เกิดขึ้นจากการใช้ deck เหล็กร่วมกับ Girder หลัก และขึ้นอยู่กับแนวความคิดต่อไปนี้

- 1) น้ำหนักบรรทุกคงที่ก่อนที่จะมีการติดตั้ง deck เหล็กจะมีอยู่เนื่องจากหน้าตัดของ girder หลักที่มีอยู่เท่านั้น
- 2) น้ำหนักบรรทุกคงที่หลังจากที่เกิดการติดตั้ง deck เหล็กและน้ำหนักบรรทุกจรเกิดขึ้นโดยหน้าตัดผสมที่รวมไปถึง deck เหล็ก (รูปภาพที่ 4)
- 3) การตรวจสอบหน่วยแรงที่แต่ละขั้นตอนในงานเปลี่ยนทดแทนของเก่าและการนำหน่วยแรงที่เกิดขึ้นในกรณีทั้งสอง
- 4) เพราะการลดความหนาเนื่องจากการผูกอ่อนในหน้าตัดของ girder หลัก การคำนวณหน้าตัดทำได้โดยการลดความหนาของแผ่น web และ flange ด้านล่างตามผลการสำรวจในขณะเดียวกัน การคำนวณต้องคิดถึงหน้าตัดซึ่ง girder ในปัจจุบันมีการเสริมกำลังโดยใช้แผ่นเหล็กเสริมกำลัง

รูปภาพที่ 4 หน้าตัดของ Girder ผสม

● การคำนวณหน่วยแรงในแต่ละขั้นตอนงาน

เพราะว่าการตรวจสอบหน่วยแรงทำได้โดยการคิดถึงผลของการผสมผสานของ deck เหล็กและ girder หลักที่มีอยู่ดังที่ได้กล่าวถึงข้างต้น และเพราะว่างานในการเปลี่ยนทดแทนโครงสร้างได้กระทำเป็นขั้นตอนซึ่งมีการคำนึงถึงการจัดการจราจร ระบบของโครงสร้างมีความแตกต่างกันในแต่ละขั้นตอนการทำงาน

เพื่อที่จะจัดการงานในกรณีนี้ ขั้นตอนในการเปลี่ยนโครงสร้างได้ถูกวางเอาไว้ดังที่แสดงในรูปภาพที่ 5 ในการที่จะป้องกันสะพานวิบัติ สภาวะของหน่วยแรงแต่ละขั้นตอนจะมีการตรวจสอบว่าค่าที่ยอมรับให้และน้ำหนักบรรทุกในการออกแบบอยู่ในระดับที่มีความ

ปลอดภัยระหว่างการดำเนินงาน อยู่ในหน่วยแรงของ girder หลักหลังจากงานเสร็จสิ้น และอยู่ในแรงกระทำและน้ำหนักที่ออกแบบขั้นตอนในการทำงานได้แสดงไว้ในรูปภาพที่ 6

รูปภาพที่ 5 การทำงานเปลี่ยนทดแทนในแต่ละขั้นตอน

รูปภาพที่ 6 การเสริมกำลังจากทางด้านล่างของแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก

การเสริมกำลังพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กแก่ระหว่างการดำเนินงานเปลี่ยนพื้น

ที่จุดกลางระหว่างการทดแทนพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กด้วย deck เหล็กโดยมีการยังคงจราจรไว้ 2 ช่อง แผ่นพื้นตรงกลางที่จุดกลางของแผ่นพื้นเก่าที่ยื่นออกจากโครงสร้างรอบรับ เพราะว่าน้ำหนักล้อกระทำกับด้านล่างของแม่น้ำของส่วนที่ยื่นออกจากแผ่นพื้นเหล่านี้ และเพราะว่าแผ่นพื้นมีความหนาที่บาง (16 เซนติเมตร) และออกแบบสำหรับเป็นทางเดินด้านข้าง จึงมีการเสริมกำลังโดยใช้ stringer ชั่วคราวและ bracket (ดูรูปภาพที่ 6 และรูปภาพที่ 3)

การเปลี่ยนแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กด้วยแผ่นเหล็ก Deck

งานในการเปลี่ยนแปลงแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กด้วยแผ่นเหล็ก deck บนสะพาน mikawaohashi ได้เริ่มขึ้นในปี 2010 และเสร็จสิ้นเมื่อปี 2014

ระยะเวลาในการใช้งานของสะพานได้มีการยืดอายุออกไปโดยการรื้อถอนแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กเดิมที่มีอยู่ ซึ่งเกิดการเสื่อมสภาพและเสียหายในด้านกำลังรับน้ำหนักของโครงสร้างและโดยการเปลี่ยนทดแทนโดยใช้แผ่นเหล็ก deck และนอกจากนี้ความสามารถในการต้านทานแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหวสามารถปรับปรุงให้ดีขึ้นได้โดยการลดน้ำหนักโครงสร้างโดยรวมยิ่งไปกว่านั้น เพราะทางเดินด้านข้างได้ถูกเพิ่มเติมเข้ามาทางด้านเหนือแม่น้ำของสะพาน mikawaohashi สะพาน mikawaohashi จึงได้ถูกรื้อถอนออกโดยไม่ได้กระทบต่อการจราจรทั่วไป (รูปภาพที่ 4)

นอกจากนี้ เพราะว่า 2 ช่องทางของการจราจรได้ถูกคงไว้โดยมิได้มีการติดตั้งสะพานชั่วคราวระหว่างการดำเนินงาน ไม่เพียงแต่ผลกระทบต่อจราจรที่น้อยลงมากแล้ว ยังมีผลให้ทั้งเวลาการก่อสร้างและค่าก่อสร้างลดลงอีกด้วย

ทางผู้เขียนจะมีความยินดีถ้ารายงานฉบับปัจจุบันสามารถทำหน้าที่เป็นเอกสารอ้างอิงสำหรับการเปลี่ยนพื้นสะพานในอนาคตซึ่งได้มีการคาดการณ์ไว้ว่าจะเพิ่มขึ้นในอนาคต

รูปภาพที่ 3 Bracket ที่ใช้สำหรับการเสริมกำลังแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก

รูปภาพที่ 4 สะพาน Mikawaohashi หลังจากการเปลี่ยนแปลง เป็น deck เหล็ก



(ด้านในปกหลัง)
กิจกรรมของ JISF

การจัดเตรียมงานประชุมการก่อสร้างโครงสร้างเหล็กครั้งที่ 2 ในกัมพูชา

สมาคมเหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทย (JISF) วางแผนที่จะจัดงานประชุมครั้งที่ 2 มีหัวข้อเรื่องว่า “เทคโนโลยีใหม่ ๆ สำหรับการก่อสร้างโครงสร้างเหล็กปี 2014 (ชื่อชั่วคราว)” ในพนมเปญ, ประเทศกัมพูชาในเดือนธันวาคม 2014 งานประชุมได้วางแผนในการร่วมสนับสนุนโดย JISF, กระทรวงงานสาธารณูปโภคและการขนส่ง (MPWT) ของกัมพูชาและสถาบันเทคโนโลยีกัมพูชา (ITC) ในช่วงมีถุนายนของปีนี้ จะมีการประชุมเพื่อประชาสัมพันธ์การประชุมโดย JISF และองค์กรของกัมพูชาทั้งสอง

การประชุมจะแบ่งออกเป็นช่วง ๆ ในช่วงการประชุมที่วางเป้าไว้ที่วิศวกร จะมีการบรรยายจากผู้เชี่ยวชาญจากทั้งสองประเทศจำนวน 5 ช่วงการบรรยายเกี่ยวกับเทคโนโลยีโครงสร้างเหล็กทั้งในด้านโครงสร้างทำเรือ สะพานและอาคาร ในช่วงการบรรยายอีกอันหนึ่งซึ่งบุคลากรสำคัญของแต่ละประเทศเข้าร่วมด้วย จะเป็นการสัมมนาในหัวข้อการส่งเสริมการก่อสร้างโดยโครงสร้างเหล็กในกัมพูชา

ในเดือนธันวาคม 2012, JISF ร่วมกันกับ MPWT และ ITC ร่วมกันจัดการประชุมครั้งแรกที่มีชื่อว่า “การประชุมสัมมนาเทคโนโลยีใหม่ ๆ สำหรับการก่อสร้างโครงสร้างเหล็ก 2012” ในพนมเปญ ซึ่งได้รับความสำเร็จเป็นอย่างดี โดยมีวิศวกรเข้าร่วมกว่า 200 คนจากภาครัฐ การศึกษาและเอกชน

การขอความร่วมมือในการสำรวจสำหรับวารสาร Steel Construction Today & Tomorrow

Steel Construction Today & Tomorrow วารสารของสมาคมเหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทย (JISF) และสมาคมการก่อสร้างโครงสร้างเหล็กแห่งประเทศไทย มีการตีพิมพ์ 3 ครั้งต่อปี วารสารนี้เป็นวารสารภาษาอังกฤษเดียวที่รวบรวมข้อมูลด้านเทคโนโลยีเกี่ยวกับการก่อสร้างโครงสร้างเหล็กในญี่ปุ่นไปยังผู้ที่อยู่ในแวดวงก่อสร้างซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในประเทศในเอเชีย

เรากำลังทำการสำรวจแก่ผู้อ่านวารสารตามแผนการตีพิมพ์ 3 ฉบับต่อปีในปี 2014 เป้าหมายหลักก็คือสามารถทำความเข้าใจถึงความต้องการของผู้อ่านเพื่อปรับปรุงวารสารให้ดียิ่งขึ้น ฟอรัมในการสำรวจเป็น 2 ระบบ

● ผ่าน JISF เว็บไซต์

- พิมพ์ JISF และค้นหาเว็บไซต์จากโปรแกรมค้นหา
- คลิกที่แบนเนอร์ในเว็บไซต์ภาษาอังกฤษของ JISF
- คลิกที่แบบสอบถาม

● แบบตีพิมพ์สอบถาม

วารสารได้มีการจัดส่งให้ผู้อ่านเป็นประจำโดยมีการแนบแบบสอบถาม โปรดกรอกรายละเอียดในแบบฟอร์มและแฟกซ์มาที่ +81-3-3667-0245

คำตอบของท่านผ่านแบบฟอร์มการสำรวจผู้อ่านจะมีประโยชน์อย่างยิ่งในการปรับปรุง *Steel Construction Today & Tomorrow* ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อประเทศและอุตสาหกรรมเหล็กของญี่ปุ่น ในการบรรลุเป้าหมายนี้ เรายกขอให้ท่านให้ความร่วมมือในการส่งแบบสอบถามกลับมาให้เราด้วย