

# STEEL CONSTRUCTION TODAY & TOMORROW

(ฉบับที่ 45 สิงหาคม 2015)

**A Joint Publication of the Japan Iron and Steel Federation and  
Japanese Society of Steel Construction**

## *Thai Version*

วารสารฉบับแปลภาษาอังกฤษของ *Steel Construction Today & Tomorrow* ได้มีการตีพิมพ์ 3 ครั้งต่อปีและมีการจัดส่งทั่วโลกให้แก่ผู้บริหารของบริษัทในทุกภาคอุตสาหกรรมและองค์กรที่เกี่ยวข้อง จุดประสงค์สำคัญในการตีพิมพ์วารสารนี้ก็นำเสนอมาตรฐานและข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้างโครงสร้างเหล็ก ตัวอย่างของโครงการก่อสร้างใหม่ๆ เทคโนโลยีและวัสดุก่อสร้างที่ล้ำหน้า ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้างโครงสร้างอาคารและวิศวกรรมโยธา

เพื่อช่วยให้ผู้อ่านชาวไทยสามารถที่จะเข้าใจบทความได้ง่ายขึ้น ได้มีการจัดแปลบทความภาคภาษาไทย และแนบท้ายกับฉบับภาษาอังกฤษ สำหรับรูปภาพ ไดอะแกรมและตารางได้มีการจัดแปลเป็นภาษาไทยเพียงส่วนหัวเรื่อง ผู้อ่านสามารถอ้างอิงกับฉบับภาษาอังกฤษสำหรับเนื้อหาที่เกี่ยวข้อง นอกจากนี้ ถ้าผู้อ่านต้องการทราบศัพท์บรรยายหรือ รายละเอียดทางด้านเทคนิค โปรดอ้างอิงกับบทความภาษาอังกฤษ เช่นเดียวกัน

### ฉบับที่ 45 เดือนสิงหาคม 2015 : สารบัญ

ฉบับพิเศษ: การประชุมด้านการวิจัยในงานก่อสร้างด้วยโครงสร้างเหล็กครั้งที่ 19

ก้าวสู่สะพานเหล็กที่แข็งแรงและทนทานยิ่งขึ้น โดยการสร้างความเข้มแข็งระดับประเทศและส่งเสริมการบูรณะซ่อมแซมสะพานขนาดใหญ่.....1

สภาพการณ์ปัจจุบันและการเสริมกำลังของทางพิเศษในเมืองหลวง.....2

การประเมินสภาพและการออกแบบด้านกำลังรับแรงของสะพานเหล็ก.....5

พฤติกรรมด้านความล้า (Fatigue) ของการทำรอยต่อแบบเชื่อมโดยใช้ SBHS.....9

การบำรุงรักษาสะพานเหล็กแบบ Weathering Steel.....12

โครงการ “การสร้างควาเข้มแข็งระดับชาติ” และทิศทางในอนาคต.....16

การดำเนินงานของ JISF.....ปกหลัง

หมายเลขหน้ายึดตามฉบับที่ 45 เวอร์ชันภาษาอังกฤษ

ฉบับภาษาไทย: ©The Japan Iron and Steel Federation 2015

**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>

(หน้า 1)

ฉบับพิเศษ: การประชุมด้านการวิจัยในงานก่อสร้างด้วย  
โครงสร้างเหล็กครั้งที่ 19

ก้าวสู่สะพานเหล็กที่แข็งแรงและทนทานยิ่งขึ้น โดย  
การสร้างความเข้มแข็งระดับประเทศและส่งเสริม  
การบูรณะซ่อมแซมสะพานขนาดใหญ่

สมาพันธ์เหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทย (JISF) ได้  
จัดการประชุมด้านการวิจัยในงานก่อสร้างด้วยโครงสร้างเหล็กครั้งที่  
19 ในวันที่ 10 มีนาคม 2015 ณ กรุงโตเกียว อนึ่ง ทาง JISF ได้  
จัดตั้ง “กองทุนเพื่อการวิจัยด้านโครงสร้างเหล็ก” มาตั้งแต่ปี 1995  
เพื่ออุดหนุนด้านการเงินแก่งานวิจัยด้านโครงสร้างเหล็ก ซึ่งการ  
ประชุมนี้ถูกจัดขึ้นทุกปีโดยมีเป้าหมายเพื่อการเผยแพร่ผลงานวิจัย  
ซึ่งได้รับการสนับสนุนจากกองทุนดังกล่าว รวมถึงการส่งเสริมการ  
ใช้งานโครงสร้างเหล็กอย่างมีประสิทธิภาพ

จากข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมการวิจัยซึ่งถูกเผยแพร่โดยกองทุน  
ฯ พบว่าองค์กรส่งเสริมการวิจัยได้ถูกจัดตั้งขึ้นในปี 2013 และ  
2014 ประกอบด้วยคณะกรรมการด้านการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการ  
ปรับปรุงระบบโครงสร้างและความทนทานของสะพานเหล็กและ  
คณะกรรมการในสังกัดอีกสามชุด ได้แก่คณะทำงานด้าน  
นวัตกรรมการออกแบบสะพานเหล็ก คณะทำงานด้าน Fatigue  
Strength ของสะพานเหล็ก และคณะทำงานด้านการบำรุงรักษา  
สะพานเหล็ก Weathering Steel.

ในไม่กี่ปีที่ผ่านมา มีการพัฒนาเทคโนโลยีที่ช่วยให้สะพาน  
เหล็กมีความคุ้มค่าทั้งในด้านราคา การให้บริการและคุณภาพขึ้น  
อย่างมาก ในขณะเดียวกันปัจจัยที่มีความสำคัญอีกอย่างคือการ  
ลด มูลค่าวัฏจักร (LCC) เช่นการลดค่าบำรุงรักษาและยืดอายุการ  
ใช้งานของสิ่งก่อสร้าง เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ดังกล่าว  
คณะกรรมการงานวิจัยจึงได้เผยแพร่รายงานวิจัยและผลสืบเนื่องที่  
ตามมาจากงานวิจัยเหล่านั้น

ในการประชุมด้านการวิจัยในงานก่อสร้างด้วยโครงสร้างเหล็ก  
ครั้งที่ 19 ปีนี้ ได้มีการนำเสนอผลงานวิจัยและจัดสัมมนาแก่  
วิศวกรและนักวิจัยที่สนใจเข้าร่วมกว่า 380 ราย ซึ่งหัวข้อและ  
รายชื่อการสัมมนาและการนำเสนอ ณ การประชุม ดังจะได้แสดง  
ตามตารางด้านล่างนี้

Steel Construction Today & Tomorrow ฉบับที่ 45 นี้ ถือเป็น  
ฉบับพิเศษโดยมุ่งให้ความสนใจไปที่เนื้อหาและบทความจาก  
การประชุมสัมมนาข้างต้น โดยหัวข้อการบรรยายและรายงาน  
ผลการวิจัยนั้นได้แสดงในตาราง

รายชื่อหัวข้อการบรรยายและรายงานผลการวิจัยซึ่งได้  
นำเสนอในการประชุมด้านการวิจัยในงานก่อสร้างด้วย  
โครงสร้างเหล็กครั้งที่ 19

| ชื่อหัวข้อ                                                                                                                                                                                                                                | ผู้บรรยาย                                                                                                                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| การบรรยายหลัก:<br>สภาพการณ์ปัจจุบันและ<br>การเสริมกำลังของทาง<br>พิเศษในเมืองหลวง                                                                                                                                                         | Kenichi Ando<br>Senior Executive Officer,<br>Metropolitan Expressway<br>Company Limited                                                                                |
| รายงานผลการวิจัย:<br>(1) การประเมินสภาพและ<br>การออกแบบด้านกำลัง<br>รับแรงของสะพาน<br>เหล็ก<br>(2) พฤติกรรมด้านความ<br>ล้า (Fatigue) ของการ<br>ทำรอยต่อแบบเชื่อม<br>โดยใช้ SBHS<br>(3) การบำรุงรักษาสะพาน<br>เหล็กแบบ<br>Weathering Steel | Yoshiaki Okui<br>ศาสตราจารย์,มหาวิทยาลัย<br>Saitama<br>Kazuo Tateishi<br>ศาสตราจารย์,มหาวิทยาลัย<br>Nagoya<br>Eiki Yamaguchi<br>ศาสตราจารย์,สถาบัน<br>เทคโนโลยี Kyushu |
| การบรรยายพิเศษ:<br>โครงการ “การสร้างความ<br>เข้มแข็งระดับชาติ” และ<br>ทิศทางในอนาคต                                                                                                                                                       | Satoshi Fujii<br>ศาสตราจารย์,มหาวิทยาลัย<br>Kyoto ; ที่ปรึกษาพิเศษ<br>คณะรัฐมนตรี                                                                                      |

(รูปภาพ) JISF ได้จัดการประชุมด้านการวิจัยในงานก่อสร้างด้วย  
โครงสร้างเหล็กครั้งที่ 19 ในเดือน มีนาคม 2015



JISF held its 19th Symposium on Research on Civil Engineering Steel Structures in March 2015.



(หน้าที่ 2~4)

การบรรยายหลัก:

## สภาพการณ์ปัจจุบันและการเสริมกำลังของทางพิเศษในเมืองหลวง

โดย Kenichi Ando

Senior Executive Officer, Metropolitan Expressway Company Limited, ที่ปรึกษาพิเศษคณะรัฐมนตรี

### ภาพรวมของระบบทางพิเศษในเมืองหลวง

เป็นเวลากว่า 50 ปี นับตั้งแต่เปิดใช้งานระบบทางพิเศษเมืองหลวง ซึ่งเป็นเครือข่ายทางด่วนเส้นหลักเชื่อมโยการจราจรภายในกรุงโตเกียวและปริมณฑลใกล้เคียง ซึ่งทางด่วนสายแรกมีระยะทาง 4.5 กม. ระหว่าง Kyobashi และ Shibaura ในเมืองโตเกียว เปิดใช้ในเดือนธันวาคม ปี 1962 (รูปที่ 1) ปริมาณการจราจรในเวลานั้นอยู่ที่ 11,000 คัน/วัน และค่าผ่านทางสำหรับพาหนะทั่วไปอยู่ที่ 100 เยน (ปีแรกที่เปิดใช้เก็บ 50 เยน)

#### รูปที่ 1 เครือข่ายของทางพิเศษเมืองหลวง

ถนนในญี่ปุ่นช่วงยุคปี 1950 นั้นเป็นทางที่ยังมิได้มีการปูพื้นผิวและจะกลายเป็นโคลนเมื่อเกิดฝนตก ทำให้รถอาจเกิดอุบัติเหตุติดหล่ม ซึ่งปัญหานี้แสดงถึงการขาดการบำรุงรักษาของถนนในญี่ปุ่น ดังนั้นจึงมีการดำเนินการเพื่อแก้ไขปัญหาทั้งสองแนวทางด้วยกัน—คือการเก็บค่าผ่านทาง (ปี 1953) ซึ่งผู้ขับจะต้องจ่ายเงินเพื่อนำไปใช้ก่อสร้างและบำรุงรักษาดูแลถนน

อุตสาหกรรมยานยนต์ในญี่ปุ่นก้าวหน้าอย่างรวดเร็วในช่วงปี 1955 นำมาซึ่งการเสื่อมสภาพของทางและปัญหาการจราจร จึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีการก่อสร้างทางพิเศษสำหรับรถยนต์วิ่งโดยเฉพาะ ดังนั้นจึงมีการตัดสินใจที่จะปรับปรุงเครือข่ายทางด่วนในเขตเมืองโตเกียว และในเดือน มิถุนายน ปี 1959 จึงมีการจัดตั้งบริษัททางด่วนเมืองหลวง (Metropolitan Expressway Company Limited) ขึ้นหลังจากที่เมื่อเดือนพฤษภาคมในปีเดียวกัน คณะกรรมการโอลิมปิกสากลได้เลือกกรุงโตเกียวเป็นเจ้าภาพจัดกีฬาโอลิมปิกปี 1964

ปัจจุบันปริมาณการจราจรรายวันของทางด่วนเมืองหลวงอยู่ที่ประมาณ 950,000 คัน/วัน และจากการประเมินถนนหลวงและถนนเทศบาลทั้ง 23 สายในโตเกียวพบว่าเครือข่ายทางพิเศษเมืองหลวงมีความยาวคิดเป็นประมาณ 15% ของถนนหลวงทั้งหมดในเมืองโตเกียว อย่างไรก็ตามหากนับตามปริมาณรถที่ผ่านถนนในหน่วย คัน-กิโลเมตร สัดส่วนของรถในเครือข่ายทางพิเศษเมือง

หลวงจะเพิ่มขึ้นเป็น 36% และหากคิดเฉพาะรถขนส่งสินค้า สัดส่วนของรถในเครือข่ายทางพิเศษเมืองหลวงจะอยู่ที่ 28%--หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือสัดส่วนจะเพิ่มขึ้นมากกว่าสองเท่าหากพิจารณารถที่ผ่านในหน่วย คัน-กิโลเมตร หรือพิจารณาเฉพาะรถขนส่งสินค้า ซึ่งนั่นหมายความว่าทางพิเศษเมืองหลวงเป็นปัจจัยหลักที่ขาดไม่ได้เลยสำหรับชีวิตการเดินทางของชาวโตเกียวและปริมณฑลรอบๆ

### การปรับปรุงและซ่อมแซมทางพิเศษเมืองหลวง

ในวันที่ 7 พฤษภาคม 2015 ถนนสายสุดท้ายในส่วนของวงแหวน Central (ริมอ่าว – สาย 3 Shibuya) ได้ถูกเปิดใช้งาน ทำให้ความยาวโดยรวมของถนนที่เปิดใช้งานในเครือข่ายทางพิเศษเมืองหลวงเพิ่มขึ้นเป็น 310.7 กม. ในขณะที่ยังมีทางที่อยู่ระหว่างการก่อสร้างอีก 18.7 กม. ซึ่งหากเปิดใช้งานจะทำให้ความยาวทั้งหมดของเครือข่ายเพิ่มขึ้นเป็นประมาณ 330 กม.

การก่อสร้างเส้นทางวงแหวน Central นั้นต้องใช้เวลากว่าครึ่งศตวรรษตั้งแต่ขั้นตอนการสำรวจเบื้องต้นจนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์ รวมทั้งอุโมงค์ Yamate ยาว 18.2 กม. ซึ่งเป็นอุโมงค์ทางรถผ่านที่ยาวที่สุดในญี่ปุ่น ซึ่งถูกสร้างโดยใช้เทคโนโลยีการก่อสร้างที่หลากหลาย หนึ่งในนั้นคือการวิธีการขยายผนังอุโมงค์ใต้ดิน (Underground Shield Tunnel Width Expansion) (รูปที่ 2) และวิธีการตัดหรือเจาะผนังอุโมงค์ในงานก่อสร้าง (cutting shield tunnel construction method) ซึ่งสามารถที่จะเชื่อมต่อผนังอุโมงค์จำนวนสองชั้นหรือมากกว่า ณ ได้ดิน จากที่กล่าวมาข้างต้น ถนนจะถูกสร้างด้วยวิธี open-cut จากนั้น การจราจรบริเวณนั้นอาจถูกปิดหรือควบคุมในบางช่องทาง จากนั้นส่วนของท่อหรือทางขึ้นทางลงจึงจะถูกก่อสร้างตามวิธี open-cut เช่นกัน อย่างไรก็ตาม การใช้วิธีก่อสร้างทั้งสองวิธีข้างต้นจะทำให้สามารถลดผลกระทบต่อถนนทั่วไปให้เหลือน้อยที่สุด

ทางต่างระดับ Ohashi เป็นตัวอย่างหนึ่งของการก่อสร้างทางต่างระดับภายในพื้นที่แคบๆ โครงสร้างของทางยกระดับนี้ต้องเชื่อมต่อ ถนนส่วนล่างซึ่งอยู่ระดับ 35 ม. ได้พื้นดินกับส่วนบนที่อยู่ระดับ 35 ม. เหนือพื้นดิน ซึ่งการที่จะเชื่อมถนนที่ต่างระดับกัน 70 ม. ความชันถูกออกแบบไว้ที่ 7% ดังนั้นจะต้องใช้ระยะทางวิ่ง 1,000 ม. เพื่อที่จะให้รถยนต์วิ่งขึ้นไปยังถนนต่างระดับที่มีความสูง 70 ม. วิธีหนึ่งซึ่งมีประสิทธิภาพที่ถูกนำมาใช้คือการใช้ทางวิ่งวนรอบประมาณ 400 ม. ต่อรอบโดยรถต้องวิ่งทั้งหมด 2.5 รอบในการที่จะไต่ระดับไปจนถึงถนนส่วนบน โดยรูปภาพที่ 1 แสดงทางยกระดับ Ohashi

จากการสำรวจสภาพแวดล้อมรอบๆ บริเวณก่อสร้างทำให้มีการตัดสินใจสร้างอาคารรูปทรงหมวกขนาดใหญ่ครอบคลุมบริเวณทาง

ยกระดับและกลายเป็นสวนสาธารณะในถนนสาย Meguro (ตามรูปภาพ) ยิ่งไปกว่านั้นเพื่อแก้ปัญหาที่ประชาชนต้องสูญเสียพื้นที่พักอาศัยเพื่อใช้ก่อสร้างทางยกระดับนี้ ทางเทศบาลเมืองโตเกียวได้สร้างอาคารสูงขึ้นสองแห่งเพื่อทดแทนและประชาชนส่วนใหญ่ที่ถูกเวนคืนที่ก็ได้เข้าไปอาศัยอยู่ในอาคารสองแห่งนี้หลังการก่อสร้างทางยกระดับ

เราเชื่อว่าโครงการทางยกระดับ Ohashi จะเป็นต้นแบบของการก่อสร้างทางรวมถึงอาคารในเมืองใหญ่ในอนาคตต่อไป เนื่องด้วยโครงการได้รับรางวัลออกแบบยอดเยี่ยม Good Design Award รวมถึงรางวัลอื่นๆอีกมากมาย

รูปที่ 2 เทคโนโลยี Underground Shield Tunnel Width Expansion

รูปภาพที่ 1 ภาพเต็มตัวของทางยกระดับ Ohashi

### การบูรณะและซ่อมแซมใหญ่สำหรับทางพิเศษ

เครือข่ายทางพิเศษในเมืองหลวงกำลังแสดงการเสื่อมสภาพเนื่องจากอายุการใช้งานออกมา จากความยาวถนนทั้งเครือข่าย 310 กม. นั้น ประมาณ 30% ของโครงสร้างทางพิเศษถูกใช้งานมากกว่า 40 ปีและประมาณ 50 % ของทั้งหมดถูกใช้งานมากกว่า 30 ปี (รูปที่ 3) ยิ่งไปกว่านั้นอุโมงค์และสะพานข้ามต่างๆ ก็ต้องการการตรวจสอบแบบคร่าวๆ คิดเป็นประมาณ 95% ของทั้งหมด และเหนืออื่นใดปริมาณการจราจรจากรถขนาดใหญ่ก็เพิ่มขึ้นเรื่อยๆอีกด้วย

จากสถานการณ์ข้างต้นบริษัท Metropolitan Expressway จึงได้ตั้งคณะกรรมการวิจัย เกี่ยวกับการบูรณะโครงสร้างทางพิเศษเมืองหลวง (โดยมีศาสตราจารย์ Shiro Wakui จากมหาวิทยาลัย Tokyo City เป็นประธาน) และจากข้อเสนอที่ได้จากคณะกรรมการชุดนี้เมื่อเดือน มกราคม 2013 บริษัทจึงตัดสินใจประกาศแผนการบูรณะและซ่อมแซมในเดือนธันวาคม 2013 ทางพิเศษจำนวนห้าช่วงถูกระบุว่าจะต้องมีการซ่อมแซมรวมถึงก่อสร้างใหม่ได้แก่ the Higashi-Shinagawa Wharf~Samezu Landfill section, the Daishibashi section, a canal section จาก Ginza ถึง Shintomicho, the Takebashi (รวมถึงช่วง Nihonbashi)~Edobashi section, and the Ikejiri~Sangenjaya section (รูปที่ 4) ค่าใช้จ่ายในการบูรณะอยู่ที่ 380,000 ล้านเยน ยิ่งกว่านั้นยังมีแผนการบูรณะครั้งใหญ่สำหรับทางอีก 55 กม. ในงบประมาณ 250,000 ล้านเยน ทำให้งบประมาณโดยรวมของโครงการบูรณะและซ่อมแซมอยู่ที่ 630,000 ล้านเยน

เมื่อกีฬาโอลิมปิก ที่โตเกียวเริ่มต้นในปี 1964 ส่วนของทางพิเศษระยะทาง 30 กม ได้เริ่มเปิดใช้งาน จนถึงปัจจุบันเส้นทาง

สายนั้นจำเป็นต้องได้รับการบูรณะซ่อมแซม (อ้างอิงจากรูปที่ 5)

จากรายชื่อเส้นทางที่จะต้องมีการบูรณะ นั้นทางสาย Higashi-Shinagawa Wharf~Samezu Landfill นั้นอยู่ระหว่างขั้นตอนการสรุปสัญญางานก่อสร้าง ซึ่งในส่วนนี้จะต้องมีการสร้างสะพานข้ามใหม่ให้สูงจากระดับน้ำทะเลมากขึ้นเพื่อความทนทานและการบำรุงรักษาที่ง่ายขึ้น โดยจะมีการติดตั้งนั่งร้านถาวรไว้กับโครงสร้างสะพานเพื่อประโยชน์ในการตรวจสอบในอนาคต ซึ่งปัจจุบันปริมาณการจราจรรายวันของถนนเส้นนี้อยู่ที่ 80,000 คัน ซึ่งทำให้การปิดถนนเพื่อบูรณะและก่อสร้างใหม่ มีความไม่เหมาะสม ดังนั้นจึงมีการสร้างทางเบี่ยงขนาด 2 ช่องทางจราจรเพื่อใช้ระบายรถระหว่างการบูรณะซ่อมแซม (ดูรูปที่ 5)

การบูรณะทางสาย Higashi-Shinagawa Wharf~Samezu Landfill section ในถนนสาย 1 Haneda นั้นถูกคาดการณ์ว่าจะเสร็จในช่วงกีฬาโอลิมปิก ปี 2020 เพื่อช่วยให้การจราจรในช่วงนั้นมีความสะดวกสบาย โดยบริษัท Metropolitan Expressway ได้ทำการศึกษาระบบการบูรณะซ่อมแซมที่จะใช้การสร้างทางเบี่ยงขนาด 2 ช่องจราจรและสะพานเบี่ยงขนาด 2 ช่องจราจร เพื่อทางที่เสียหายจะได้ไม่ถูกใช้งานระหว่างซ่อมแซม (รูปที่ 6) โดยมีความพยายามที่จะเริ่มโครงการบูรณะซ่อมแซมภายในปี 2015 นี้

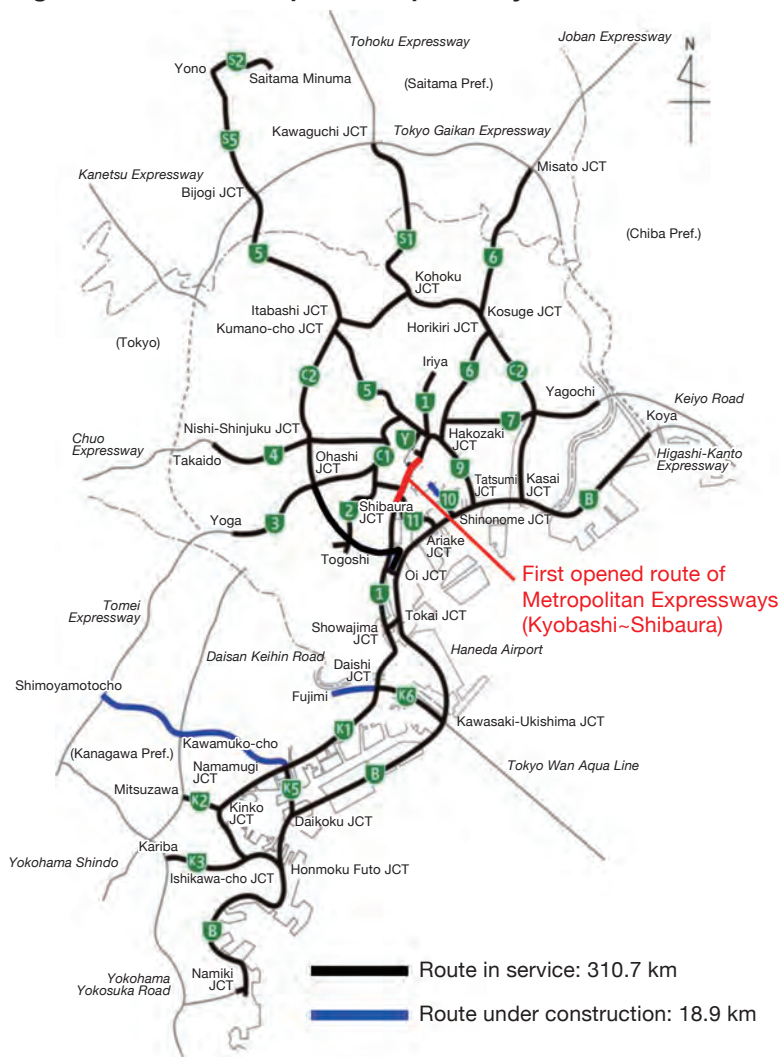
รูปที่ 3 อายุของทางสายต่างๆ ตั้งแต่เปิดใช้งานทางพิเศษ (จนถึงเดือนเมษายน 2015 )

รูปที่ 4 ส่วนของทางพิเศษที่จะต้องมีการซ่อมแซมบูรณะครั้งใหญ่

รูปที่ 5 ทางพิเศษที่เปิดใช้งานในการแข่งขันกีฬาโอลิมปิกที่โตเกียว ปี 1964 และตำแหน่งของช่วงทางที่จะซ่อมแซมบูรณะ

รูปที่ 6 แบบการบูรณะซ่อมแซมทางสาย Higashi-Shinagawa ~Samezu Landfill

**Fig. 1 Network of Metropolitan Expressway**



**Fig. 2 Underground Shield Tunnel Width Expansion Technology**

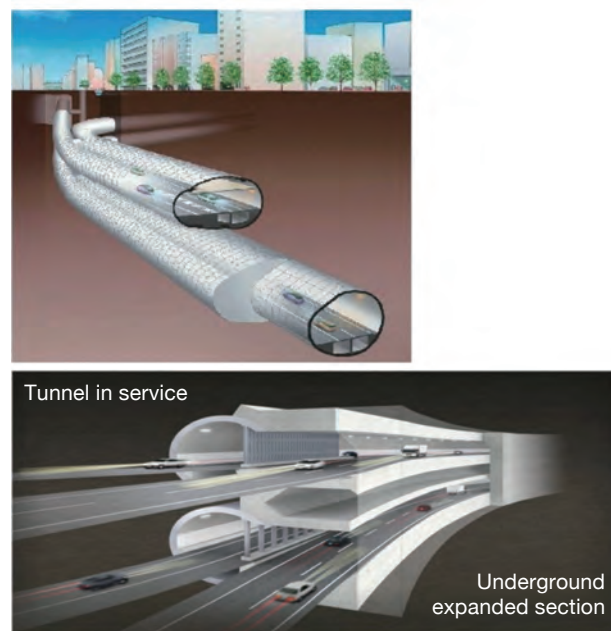


Photo 1 Full view of Ohashi Junction

**Fig. 3 Lapse of Years since Opening of Expressway Lines (as of April 2015)**

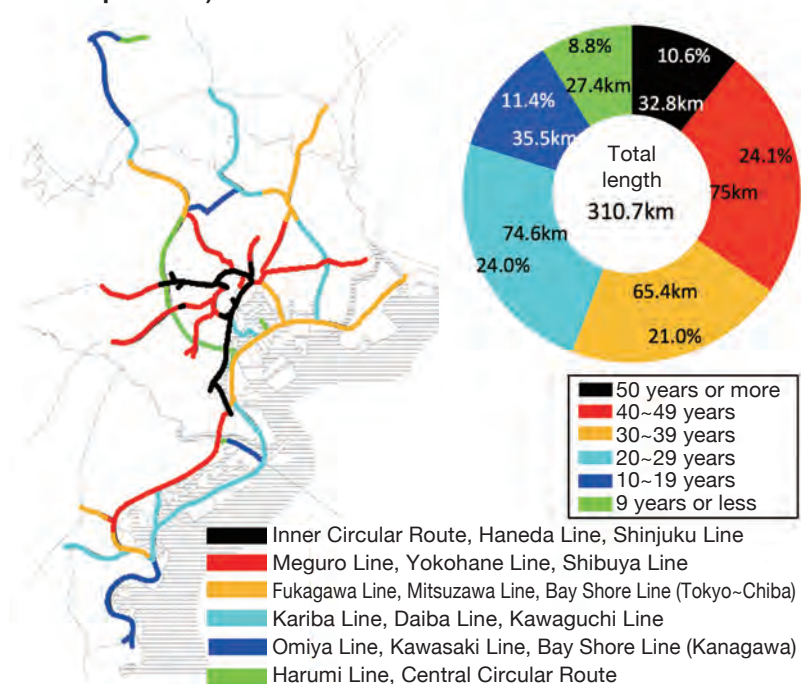




Fig. 4 Expressway Sections subject to Large-scale Renewal

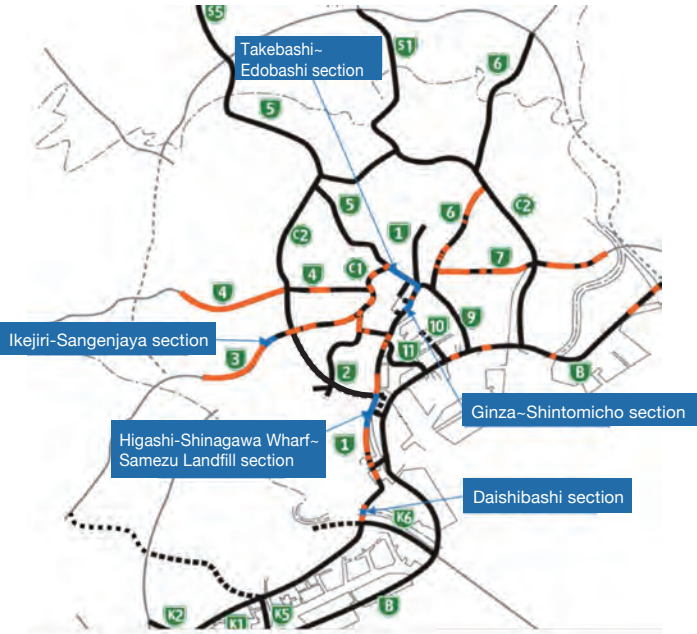


Fig. 5 Expressway Sections Opened to Traffic in Tokyo Olympic Games 1964 and Location of Large-scale Renewal Sections

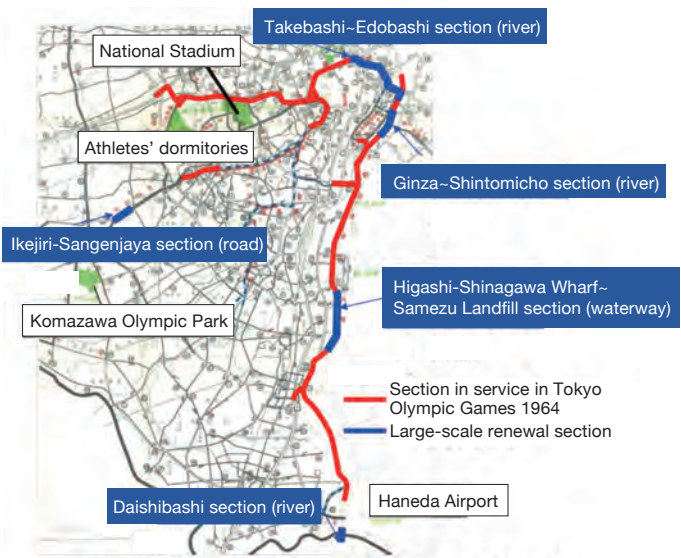
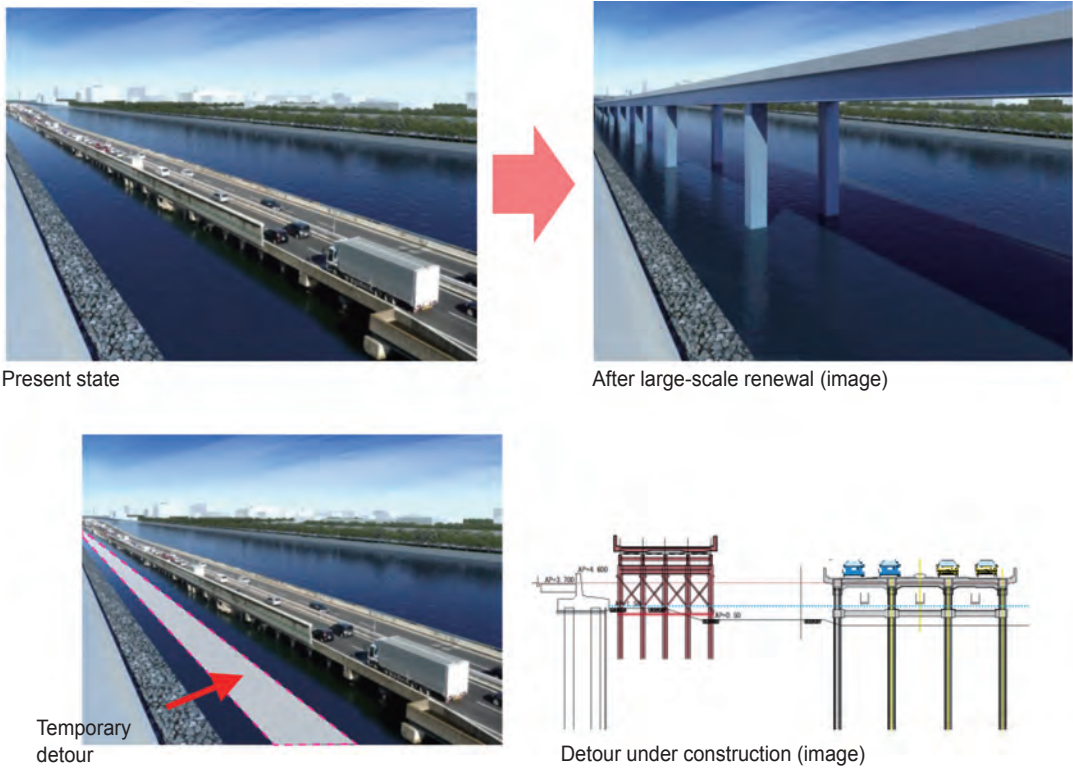


Fig. 6 Image of Renewal of Higashi-Shinagawa~Samezu Landfill Section



(หน้า 5~8)

## รายงานการวิจัยที่เข้าร่วมงาน (1)

### การประเมินสภาพและการออกแบบด้านกำลังรับแรงของสะพานเหล็ก

โดย Yoshiaki Okui

ศาสตราจารย์, มหาวิทยาลัย Saitama

เพื่อเป้าหมายในการเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันของสะพานเหล็ก คณะทำงานด้านโครงสร้างและวิธีออกแบบซึ่งถูกตั้งขึ้นจากคณะวิจัยด้านการปรับปรุงโครงสร้างและความทนทานของสะพานเหล็ก ภายใต้สมาคมโครงสร้างเหล็กแห่งญี่ปุ่น (The Japanese Society of Steel Construction, JSSC) ได้ทำการวิเคราะห์และทดลองเพื่อเก็บข้อมูลสำหรับการใช้งานมาตรฐานการออกแบบสะพานแบบใหม่ และการปรับปรุงมาตรฐานการออกแบบสะพานที่ใช้อยู่ปัจจุบัน

หัวข้อในการทดลองประกอบด้วย

- กำลังรับแรงกดของแผ่นเหล็กรับแรงอัด
- กำลังรับแรงดัดและแรงเฉือนของคานเหล็กขนาดใหญ่
- การออกแบบด้วยวิธี Performance-based design และการวิเคราะห์ขั้นสูง
- การทำรอยต่อด้วยสลักเกลียวกำลังสูงแบบมีแรงเสียดทาน
- การวัดความเค้นคงค้างใน SBHS (Steels for Bridge High Performance Structures) และผลของความเค้นคงค้างต่อกำลังรับแรงขององค์อาคารเหล็ก

เนื้อหาในส่วนต่อไปจะเป็นภาพรวมของผลจากการทดลองในสี่หัวข้อแรกยกเว้นหัวข้อสุดท้าย

#### กำลังรับแรงกดของแผ่นเหล็กรับแรงอัด

สมการที่ใช้ออกแบบแผ่นเหล็กรับแรงอัดได้ถูกตรวจสอบอีกครั้ง ซึ่งสามปัจจัยหลักในการตรวจสอบมีดังนี้

- ข้อกำหนดมาตรฐานของกำลังรับแรงกดซึ่งพบในหนังสือ "Specifications for Highway Bridges" ได้อธิบายบนพื้นฐานของทฤษฎีการเสียรูปแบบอีลาสติกและข้อมูลที่พิสูจน์จากการทดลองในช่วงปี 1970 และข้อมูลส่วนมากจะมาจากจากการทดลองกับแผ่นเหล็กหนา 10 มม. อย่างไรก็ตามในการก่อสร้างสะพานปัจจุบันได้พัฒนาการใช้แผ่นเหล็กหนาถึง 100 มม. และจะพัฒนาสู่การใช้แผ่นเหล็กที่หนากว่านี้ต่อไป
- ในขณะที่เหล็กประเภท SBHS500 และ SBHS700 ถูกระบุในมาตรฐานอุตสาหกรรม JIS 2008 แต่เหล็ก SBHS ไม่ได้ถูกกล่าวถึงใน "Specifications for Highway Bridges"

- การทดลองหา Safety Factor จากทฤษฎีการออกแบบที่นำเชื่อถือ เป็นวิธีที่นิยมทั่วไปในการปรับปรุงมาตรฐานการออกแบบทั่วโลก เพื่อให้สอดคล้องกับวิธีการเช่นนี้ เราจำเป็นต้องเก็บข้อมูลความน่าจะเป็น อย่างเช่น ค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนมาตรฐาน สำหรับกำลังรับน้ำหนักวิกฤต

เพื่อให้เป็นไปตามข้อกำหนดต่างๆ การวิเคราะห์แบบ Finite Element และ Monte Carlo simulation จะต้องถูกนำมาใช้ในการศึกษา รูปที่ 1 แสดงโมเดลของการวิเคราะห์ ของแผ่นเหล็กรับแรงอัดแบบ non-stiffed (simple support 4 ด้าน) ลักษณะของการเสียรูปของระนาบถูกสมมติให้เป็นแบบคลื่น sine และความเค้นคงค้างถูกสมมติให้เป็นแบบกระจายมีลักษณะตามรูป ในการจำลองแบบ Monte Carlo ค่าสูงสุดของ initial deflection  $W_0$  และความเค้นแรงอัดคงค้าง  $\sigma_c$  ถูกกำหนดให้เป็นตัวแปรสุ่ม ซึ่งตัวแปรเหล่านี้จะเกิดขึ้นแบบสุ่มขึ้นอยู่กับฟังก์ชันของความน่าจะเป็น ซึ่งแสดงในรูปที่ 2 สำหรับกรณีตัวอย่าง ในการทดลองแบบจำลอง Monte Carlo นั้น เนื่องจากความยุ่งยากในการวิเคราะห์ finite element ในทุกๆ กรณี ดังนั้นจึงมีการใช้วิธี response surface เพื่อลดเวลาในการคำนวณ

รูปที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างระหว่างผลของแบบจำลอง Monte Carlo ของแผ่นรับแรงกดซึ่งรองรับด้วย simple support ทั้งสี่ด้าน และ เส้นกราฟของน้ำหนัก - กำลังรับแรงกดของแผ่นเหล็กใน Specifications for Highway Bridges (JSHB) พร้อมด้วยผลจากการศึกษาที่ผ่านมา การตรวจสอบในแบบที่คล้ายๆ กันนี้ถูกดำเนินการเพื่อตรวจสอบผลการทดลอง เราจึงสามารถหา safety factor บางส่วนจากผลการทดลองเหล่านี้ได้ และในที่สุดเราหวังว่าผลการทดลองนี้จะถูกกล่าวถึงในฉบับปรับปรุงของ Specifications for Highway Bridges

รูปที่ 1 โมเดลของการวิเคราะห์ ของแผ่นเหล็กรับแรงอัดแบบ non-stiffed (simple support 4 ด้าน)

รูปที่ 2 ฟังก์ชันความน่าจะเป็นของ Initial Deflection ที่ใช้ในแบบจำลอง Monte Carlo

รูปที่ 3 การเปรียบเทียบระหว่างระหว่างผลของแบบจำลอง Monte Carlo ( $\mu$ =ค่าเฉลี่ย,  $\sigma$ =ความแปรปรวนมาตรฐาน) และเส้นกราฟของน้ำหนัก - กำลังรับแรงกดของแผ่นเหล็กใน Specifications for Highway Bridges (JSHB)

#### สมการสำหรับคำนวณกำลังของคานเหล็กรูปตัว I

การทดสอบกำลังรับแรงกดสำหรับคานเหล็กรูปตัว I ซึ่งผลิตโดยเหล็กกล้ากำลังสูงสำหรับสะพาน (SBHS500 และ SBHS700) เพื่อที่จะยืนยันความถูกต้องในการใช้งานคานเหล็ก SBHS และ



ความถูกต้องของสมการที่ใช้ในการออกแบบคานเหล็ก SBHS รูปที่ 4 แสดงชิ้นงานตัวอย่างทดสอบและลักษณะการทดสอบ น้ำหนักจะกดลงบนชิ้นงานแบบแรงดัด 4 จุด และช่วงตรงกึ่งกลางของชิ้นงานทดสอบจะถือเป็น test panel ตารางที่ 1 แสดงมิติและขนาดของชิ้นงานทดสอบแรงดัด โดยการทดสอบจะทำด้วยกันสองตัวอย่างคือ SBHS500M และ SBHS700M

รูปที่ 5 แสดงเส้นกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง น้ำหนัก-การเสียรูปที่ได้จากการทดสอบ  $P_u$  ในรูปแสดงน้ำหนักซึ่งก่อให้เกิดกำลังรับโมเมนต์ดัดที่ใช้ออกแบบตามที่ระบุไว้ใน AASHTO LRFD และ  $P_y$  คือน้ำหนักที่จะทำให้เกิดการครากที่แผ่นปีกคานในการทดสอบ เป็นที่ยืนยันแล้วว่ากำลังรับแรงดัดของทั้งตัวอย่างทดสอบ SBHS500M และ SBHS700M นั้นมากกว่าค่าโมเมนต์ดัดสำหรับออกแบบที่กำหนดไว้ใน AASHTO LRFD ในขณะที่ขอบเขตการใช้งานของผลิตภัณฑ์เหล็กที่กำหนดไว้ใน AASHTO LRFD จะอยู่ในช่วงกำลังรับน้ำหนักที่จุดคราก  $485 \text{ N/mm}^2$  แต่ทั้ง SBHS500 and SBHS700 นั้นอยู่นอกเหนือจากช่วงการใช้งานดังกล่าว อย่างไรก็ตามมีการยืนยันแล้วว่าสมการที่พัฒนามาจากการใช้งานผลิตภัณฑ์เหล็กแบบดั้งเดิมนั้นสามารถนำมาใช้กับทั้ง SBHS500 และ SBHS700 ได้

รูปภาพที่ 1 แสดงรูปของตัวอย่างทดสอบ the SBHS700M หลังการทดสอบ ลักษณะการวิบัติคือการเกิด local buckling ที่ปีกคาน

รูปที่ 4 ชิ้นงานทดสอบที่ใช้ SBHS (Steels for Bridge High Performance Structures)

ตารางที่ 1 ขนาดมิติของชิ้นงานทดสอบ

รูปที่ 5 ผลการทดสอบกำลังรับแรงดัด

รูปภาพที่ 1 การเสียรูปของชิ้นงานทดสอบ SBHS700 หลังการทดสอบ

### การออกแบบสะพานโดยใช้การวิเคราะห์ขั้นสูง

การออกแบบสะพานนั้นมีความจำเป็นที่จะต้องประเมินความเค้นที่เกิดขึ้นในองค์อาคารอย่างเหมาะสม ในวิธีดั้งเดิมแรงในหน้าตัดและการกระจายของความเค้นในองค์อาคารถูกคำนวณโดยวิธีวิเคราะห์โครงสร้างแบบ frame บนพื้นฐานทฤษฎีคาน อย่างไรก็ตามการออกแบบในปัจจุบันเอื้อแก่การวิเคราะห์ด้วยวิธี finite element และการวิเคราะห์โครงสร้างขั้นสูงอื่นๆ ดังนั้นการศึกษาด้านวิธีออกแบบสะพานจึงพัฒนาไปใช้การวิเคราะห์ขั้นสูงเช่นกัน

เนื้อหาต่อไปจะเป็นการแสดงผลของการศึกษาถึงรอยต่อตรงมุมระหว่างคาน – เสา ดังรูปที่ 6 เมื่อพิจารณาถึงการกระจายของ

ความเค้นในหน้าตัดส่วนมุม เราทราบว่าการกระจายของความเค้นตามทฤษฎีคานนั้นมีค่าแตกต่างจากการกระจายความเค้นจริงเนื่องจาก shear lag effect

ในสถานการณ์นี้ จะมีการทำการทดลองเพื่อเปรียบเทียบการกระจายความเค้นโดยใช้การวิเคราะห์ที่แตกต่างกันสามวิธี (a) วิธี finite element โดยใช้ shell element (b) วิธีวิเคราะห์ที่เสนอโดย Okumura และ Ishizawa (c) วิธี finite element โดยใช้ constant shear flow panel

วิธีวิเคราะห์ที่เสนอโดย Okumura และ Ishizawa แสดงถึง shear lag effect โดยใช้ทฤษฎีคานและ stress concentration factor ซึ่งสามารถนำไปใช้ได้อย่างกว้างขวางในการออกแบบสะพานที่ญี่ปุ่น ขณะเดียวกัน วิธีวิเคราะห์โดยใช้ constant shear flow panel ประกอบด้วย element แผ่นที่จะรับได้เฉพาะความเค้นจากแรงเฉือน element คานซึ่งจะรับได้เฉพาะความเค้นแนวตั้งรวมถึงแรงดัดที่ขอบนอกของ element แผ่น ซึ่งหากเปรียบเทียบกับวิธี finite element method โดยใช้ shell element นั้น วิธีแรกจะมีความได้เปรียบโดยที่จะมีการคำนวณที่น้อยกว่า

รูปที่ 7 แสดงการกระจายปกติของความเค้นในปีกกลางของคานจากวิธีวิเคราะห์ต่างๆ เส้นสีแดงจะแสดงถึงผลลัพธ์จากการวิเคราะห์โดยใช้วิธี constant shear flow panel เส้นสีน้ำเงินจะแสดงผลลัพธ์จากการวิเคราะห์โดยใช้วิธี shell เส้นสีดำจะแสดงถึงความเค้นที่ได้จากทฤษฎีคาน และสัญลักษณ์  $\Delta$  แสดงถึงความเค้นที่อยู่เหนือแผ่นเอวซึ่งได้จากการใช้วิธีที่เสนอโดย Okumura and Ishizawa

ขณะที่มีความจำเป็นในการใช้ วิธี finite element โดย shell element ในการแบ่ง element เพื่อให้มีขนาดไม่เกิน 25 มม. เพื่อจะหาการกระจายความเค้นที่มีความแม่นยำระดับหนึ่ง แต่ในการวิเคราะห์โดยใช้ constant shear flow panel สามารถทำได้ อย่างแม่นยำถึงแม้จะมีการแบ่ง element แบบหยาบๆ ดังแสดงในรูปที่ 6

รูปที่ 6 Numerical Model ของรอยต่อ คาน – เสา ในตอม่อสะพาน

รูปที่ 7 การเปรียบเทียบการกระจายความเค้น ที่มุมของปีกกลางของคาน

Fig. 7 Comparison of Stress Distributions at Corner Section of Lower Flange

### การทำรอยต่อด้วยสลักเกลียวกำลังสูงแบบมีแรงเสียดทาน

การก่อสร้างสะพานในระยะนี้ ขนาดและความหนาของแผ่นเหล็กในองค์อาคารมีขนาดเพิ่มขึ้น ดังนั้นจำนวนแถวของสลักเกลียวกำลังสูงในรอยต่อก็ย่อมจะเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน อย่างไรก็ตาม

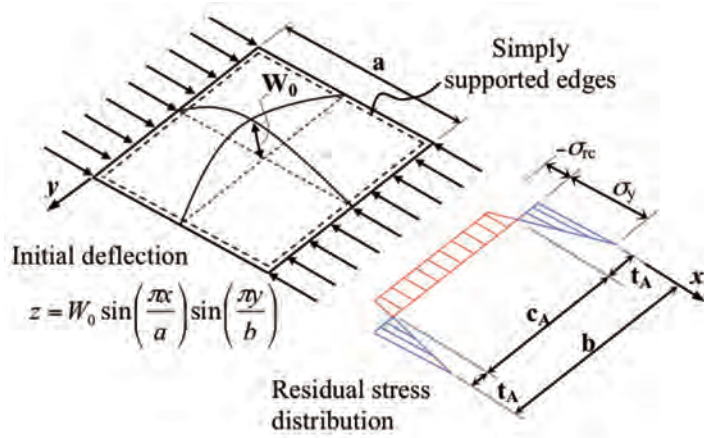
ตามยังมีความไม่ชัดเจนจากผลของการทำ surface treatments ผลจากแผ่นเหล็กที่หนาขึ้น หรือผลจากจำนวนแถวของสลักเกลียวที่เพิ่มขึ้น ซึ่งส่งผลกระทบต่อความสามารถในการรับน้ำหนักของรอยต่อ สลักเกลียวกำลังสูงแบบมีแรงเสียดทาน ดังนั้นจึงต้องมีการทดสอบและวิเคราะห์ เพื่อค้นหาขอบเขตของ factor ในการลื่นไถลที่เกิดจากการใช้แผ่นเหล็กที่หนาขึ้นในรอยต่อแบบมีแรงเสียดทานที่ยึดด้วยสลักเกลียวกำลังสูง ในขณะที่ผิวสัมผัสเคลือบด้วยสี zinc-rich paint และ การจัดแถวสลักเกลียวกำลังสูงหลายๆแถว

รูปภาพที่ 2 แสดงการทดลองเพื่อที่จะหาลำดับด้านทานการลื่นไถลของรอยต่อแบบมีแรงเสียดทาน ผลของแผ่นเหล็กหนาที่มีต่อรอยต่อและ ผลของการจัดสลักเกลียวหลายๆแถว ต่อ factor ของการลื่นไถลถูกทดสอบดังรูปและการวิเคราะห์โดย finite-element ถึงการลื่นไถลจากแรงเสียดทาน (อ้างอิงตามรูปที่ 8)

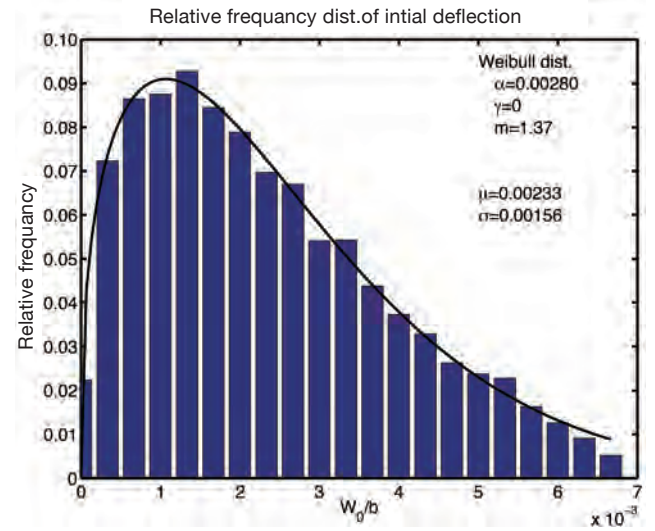
รูปภาพที่ 2 การทดสอบการลื่นไถลของสลักเกลียวกำลังสูงหลายๆแถวที่ยึดแผ่นเหล็กที่มีความหนาหลายๆ

ภาพที่ 8 แบบจำลองการวิเคราะห์ Finite Element ของรอยต่อสลักเกลียว

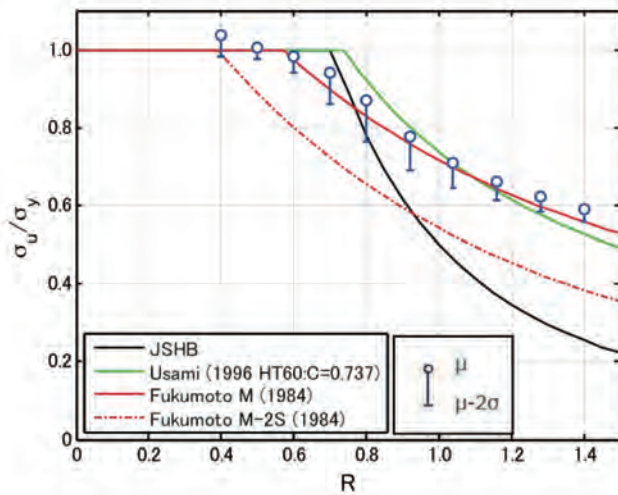
**Fig. 1 Analytical Model for Non-stiffened Compression Plate (Four-side Simple Support)**



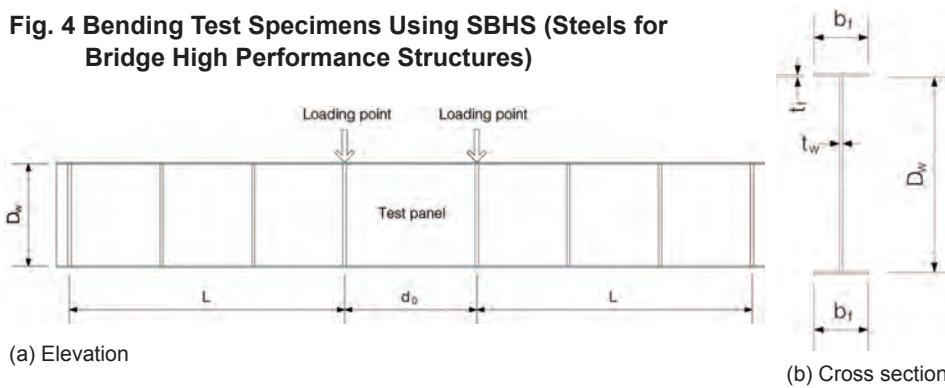
**Fig. 2 Probability Density Function of Initial Deflection Used for Monte Carlo Simulations**



**Fig. 3 Comparison between Monte Carlo Simulation Results ( $\mu$ =average value,  $\sigma$ =standard deviation) and Load-bearing Curve in Specifications for Highway Bridges (JSHB)**



**Fig. 4 Bending Test Specimens Using SBHS (Steels for Bridge High Performance Structures)**



**Table 1 Dimensions of Test Specimens**

| Name of specimen | Steel grade of specimen | $b_f$<br>(mm) | $t_f$<br>(mm) | $D_w$<br>(mm) | $t_w$<br>(mm) | $d_0$<br>(mm) | $L$<br>(mm) |
|------------------|-------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------|
| SBHS500M         | SBHS500                 | 250.4         | 12.2          | 900.8         | 9.0           | 1198          | 6199        |
| SBHS700M         | SBHS700                 | 250.2         | 12.6          | 901.4         | 9.0           | 1195          | 7788        |

Fig. 5 Results of Bending Tests (Load-Deflection Curve)

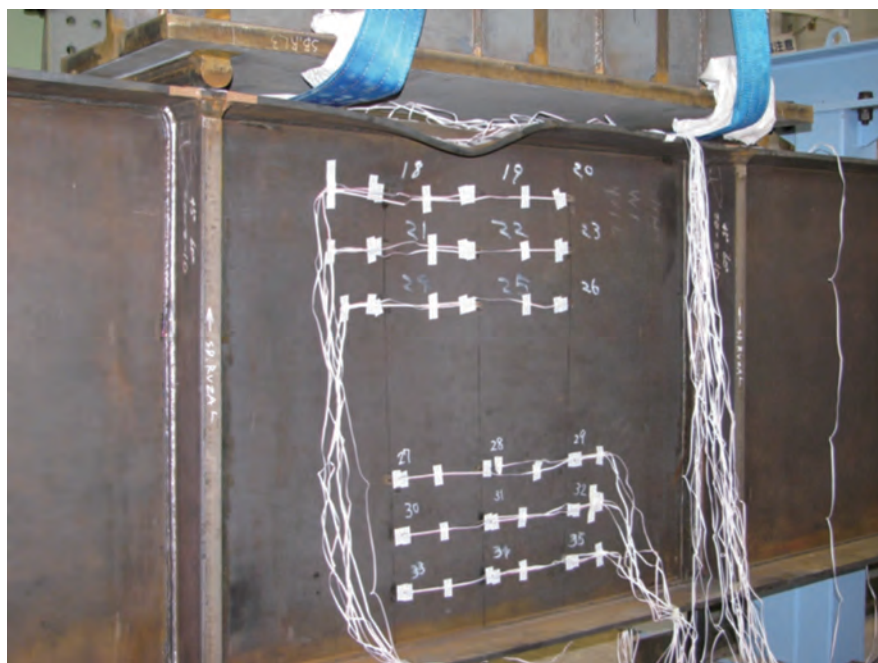
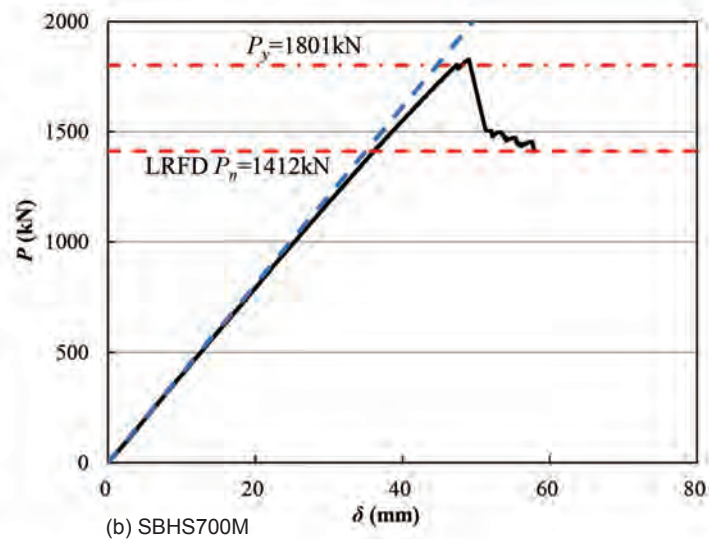
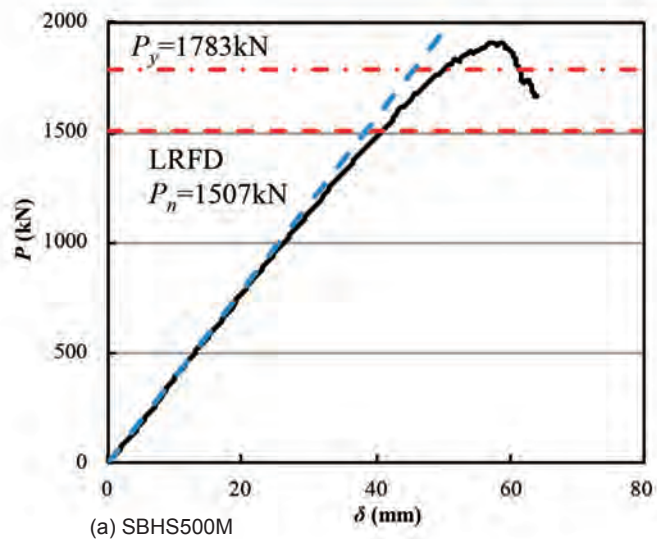


Photo 1 Deformation of SBHS700M specimen after loading

Fig. 6 Numerical Model of Beam-Column Connection of Bridge Pier

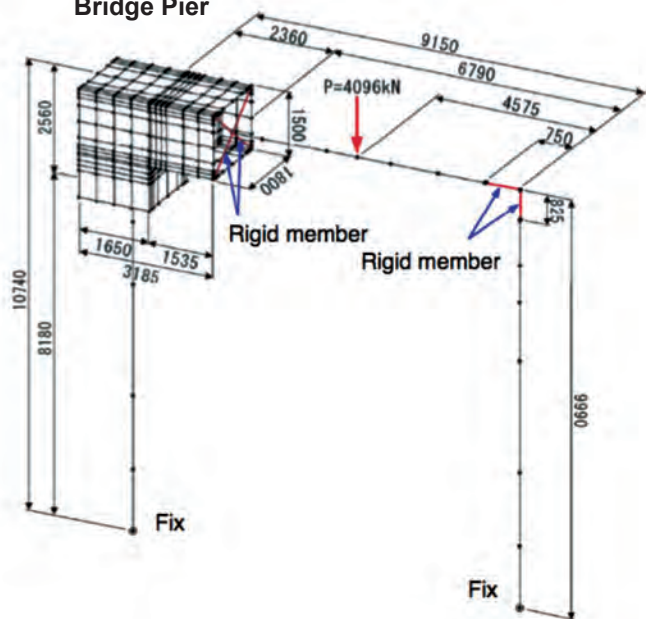


Fig. 7 Comparison of Stress Distributions at Corner Section of Lower Flange

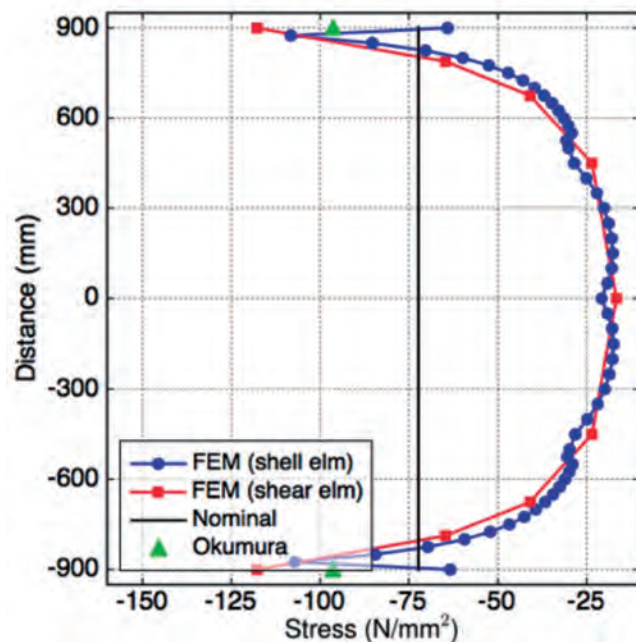
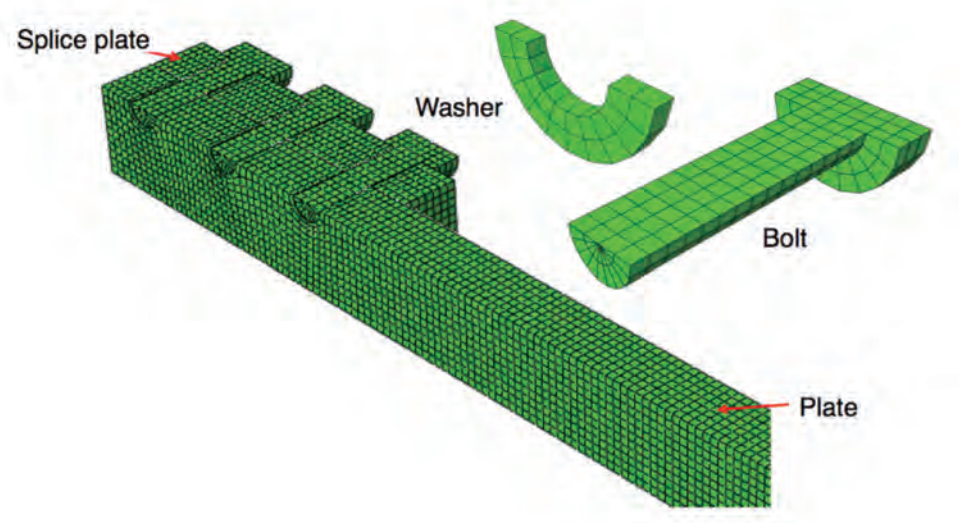






Photo 2 Slip strength test for multiple-row high-strength bolt friction joint with heavier plate thickness

Fig. 8 Finite Element Analysis Model of Bolt Joints





(หน้า 9~11)

## รายงานการวิจัยที่เข้าร่วมงาน (2)

### พฤติกรรมด้านความล้า (Fatigue) ของการทำรอยต่อแบบเชื่อมโดยใช้ SBHS

โดย Kazuo Tateishi

ศาสตราจารย์, บัณฑิตวิทยาลัยแห่งมหาวิทยาลัย Nagoya

SBHS (Steels for Bridge High Performance Structures) คือแผ่นเหล็กที่มีกำลังจุดครากสูงสำหรับงานก่อสร้างสะพานซึ่งถูกระบุไว้ใน JIS ปี 2008 โดย SBHS จะมีจุดครากและกำลังรับแรงดึงที่สูง (ตามตารางที่ 1) และยิ่งกว่านั้นเนื่องจากความสามารถในการเชื่อมที่สูง ทำให้เราสามารถจัดการให้ความร้อนก่อนเชื่อมหรือลดอุณหภูมิในการให้ความร้อนก่อนเชื่อมลงได้ ที่สุดแล้วคุณสมบัติของมันทำให้ค่าใช้จ่ายในงานก่อสร้างสะพานลดลงในหลายๆ แง่มุม เช่นการประกอบขึ้นรูปชิ้นส่วน การขนส่งและการติดตั้ง เป็นต้น

อีกแง่หนึ่งกรณีที่มีการใช้ SBHS จะมีความเค้นเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกจรเกิดขึ้นมาก เพราะการใช้แผ่นเหล็กที่บางในการก่อสร้าง ดังนั้นจึงนำไปสู่ความกังวลเกี่ยวกับปัญหาความล้า (Fatigue) อย่างไรก็ตาม เนื่องจากพฤติกรรมด้านความล้าของรอยต่อแบบเชื่อมใน SBHS ยังมิได้ถูกระบุอย่างชัดเจน แทบจะไม่มีการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับด้านนี้เลยโดยเฉพาะกับเหล็กเกรด SBHS700 ดังนั้นเราจึงตัดสินใจทำการศึกษาลึกลงไปเกี่ยวกับพฤติกรรมด้านความล้าในรอยต่อแบบเชื่อมของ SBHS

ตารางที่ 1 คุณสมบัติทางกลของ SBHS (Steel for Bridge High Performance Structures)

#### การประเมินพฤติกรรมการล้าของรอยต่อแบบเชื่อมจากความล้า

พฤติกรรมการล้าของรอยต่อแบบเชื่อมจากความล้าของ SBHS ถูกสำรวจในแง่ของการทดสอบการล้าของรอยต่อแบบเชื่อมจากความล้าสำหรับตัวอย่างทดสอบแบบ compact tension โดยการทดสอบการล้าของรอยต่อแบบเชื่อมนั้นทำตามมาตรฐาน ASTM.

รูปที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการล้าของรอยต่อแบบเชื่อมและ factor ความเข้มข้นของความเค้นในช่วง  $\Delta K$  ของเหล็กเกรด SBHS500 และ SBHS700 ที่ได้มาจากการทดสอบเส้นกราฟในรูปแสดงค่าเฉลี่ยของค่าที่ได้และช่วงความแปรปรวนของเหล็กแบบดั้งเดิม จากผลการทดสอบเหล็ก SBHS จะวิบัติอยู่ภายในระยะความแปรปรวนของเหล็กแบบดั้งเดิม เราจึงสามารถกล่าวได้ว่า พฤติกรรมการล้าของรอยต่อแบบเชื่อมใน SBHS นั้น

เกือบจะเหมือนกันทุกประการกับในเหล็กโครงสร้างแบบดั้งเดิม

รูปที่ 1 ผลการทดสอบการล้าของรอยต่อแบบเชื่อม

#### การวัดความเค้นค้ำจากการเชื่อม

ด้วยวิธี cutting และวิธี x-ray diffraction นั้น การวัดความเค้นค้ำที่เกิดขึ้น ณ ระยะ 2 มม. จากฐานของรอยเชื่อมแผ่น gusset plate ที่ไม่ได้อยู่ในระนาบเดียวกัน ในตัวอย่างทดสอบขนาดเล็ก (SBHS500 and SBHS700, แสดงในรูปที่ 2) และในคานตัวอย่างทดสอบ (SBHS700, แสดงในรูปที่ 3)

รูปที่ 4 แสดงผลการวัดที่ได้ โดยสำหรับตัวอย่างทดสอบขนาดเล็กทั้งแบบ SBHS500 และ SBHS700 นั้น ความเค้นแรงดึงค้ำที่เกิดขึ้นที่ประมาณ 50~70% ของจุดคราก ส่วนในตัวอย่างทดสอบแบบคาน ค่าความเค้นแรงดึงค้ำจะอยู่ที่ประมาณ 80~90% ของจุดครากซึ่งมีค่าสูงกว่าตัวอย่างทดสอบขนาดเล็ก เหตุผลที่ค่าที่วัดได้สูงกว่าก็คิดว่าน่าจะเป็นความแตกต่างในการยึดระหว่างรอยเชื่อมของตัวอย่างทดสอบทั้งสอง

รูปที่ 2 ชิ้นงานทดสอบที่ทำรอยต่อแบบเชื่อม (SBHS500 และ SBHS700)

รูปที่ 3 ชิ้นงานทดสอบแบบคาน (SBHS700)

รูปที่ 4 ผลการวัดความเค้นค้ำ

#### การทดสอบความล้าสำหรับตัวอย่างทดสอบขนาดเล็ก

การทดสอบความล้าในตัวอย่างทดสอบขนาดเล็กที่เชื่อมกับแผ่น gusset ที่ไม่อยู่ในระนาบเดียวกัน โดยใช้เหล็ก SBHS โดยลักษณะการทดสอบจะได้แสดงในรูปที่ 2 อัตราส่วนความเค้น (stress ratio) อยู่ตั้งไว้ที่ค่าประมาณ 0

รูปที่ 5 แสดงผลการทดสอบความล้า ในรูปยังแสดงผลการทดสอบความล้าก่อนหน้านี้ ที่ทำการทดสอบโดยใช้การเชื่อมแผ่น gusset ที่ไม่อยู่ในระนาบซึ่งเตรียมตัวอย่างโดยใช้เหล็กแบบดั้งเดิม และ SBHS โดยผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าแทบจะไม่มี ความแตกต่างในด้านกำลังต้านทานความล้าเลย ในการใช้วัสดุเหล็กประเภทต่างๆ ทดสอบ ผลการทดสอบสำหรับช่วงความเค้นในแผ่น gusset SBHS ที่ไม่อยู่ในระนาบ นั้นกระจายตัวในรูปแบบที่ใกล้เคียงกับ กราฟการออกแบบ Class E ของ JSSC (Japanese Society of Steel Construction) ซึ่งใช้เป็นแนวทางในการออกแบบด้านความล้าในปัจจุบัน

รูปที่ 5 การทดสอบความล้าในตัวอย่างทดสอบที่ทำรอยเชื่อมขนาดเล็ก

### การทดสอบความล้าในตัวอย่างทดสอบแบบคาน

การทดสอบความล้าได้ดำเนินการในตัวอย่างที่มีขนาดเป้าหมาย โดยมีระยะ span 6,000 มม. ดังแสดงในรูปที่ 3 โดยใช้เหล็กเกรด SBHS700 ส่วนของการเชื่อมที่ฐานถูกเตรียมพื้นผิวโดยการ grinding หรือ peening

รูปที่ 6 แสดงผลการทดสอบความล้า จำนวนรอบของการทดสอบที่ต้องใช้จนถึงระดับที่มีรอยแตกเกิดขึ้นจนลุกลามมีขนาด 10 มม. (ความยาวทั้งหมด 40-50 มม.) จากขอบรอยเชื่อมจนถึงเหล็กที่ฐาน จะแสดงถึง fatigue life รูปยังแสดงถึงผลการทดสอบความล้ากับคานที่ผ่านมาด้วย (อย่างไรก็ตามนอบการทดสอบจะแสดงสำหรับความยาวรอยแตกที่ 20-40 มม.) จากผลการทดลองความต้านทานความล้าจากรอยเชื่อมจะสอดคล้องกับข้อกำหนดของ JSSC Class G และมีลักษณะที่เหมือนกับเหล็กแบบดั้งเดิม เนื่องจากการทดสอบได้เสร็จสิ้นขณะที่ยังไม่มีรอยแตกลามมาจากฐานรอยเชื่อม ความแตกต่างด้านกำลังต้านทานความล้าเนื่องจากวิธีการเตรียมพื้นผิวที่ฐานจึงยังไม่สามารถยืนยันได้อย่างไรก็ตาม กำลังต้านทานความล้าสำหรับฐานที่เตรียมพื้นผิวแล้วดังเช่นในการทดสอบนั้นมากกว่าข้อกำหนด Class E และกำลังต้านทานความล้าของรอยเชื่อมที่ถูกเตรียมพื้นผิว ก็ถูกพัฒนาขึ้นสองชั้นหรือมากกว่าจากรอยเชื่อมที่ไม่ถูกเตรียมพื้นผิว (as-welded) ใน Class G

รูปที่ 6 การทดสอบความล้าสำหรับตัวอย่างทดสอบแบบรอยเชื่อมในคาน

### ผลกระทบของการเตรียมพื้นผิวแบบ grinder ต่อการเพิ่มขึ้นของกำลังต้านทานความล้า

กำลังต้านทานความล้าของวัสดุเหล็กจะเพิ่มขึ้นเมื่อกำลังสถิติเพิ่มขึ้น มีความเป็นไปได้ว่ากำลังต้านทานความล้าจะเพิ่มขึ้นได้เมื่อมีการเตรียมพื้นผิวแบบ grinder ที่แผ่นฐาน เพื่อทำการศึกษาในเรื่องนี้จึงมีการเตรียมตัวอย่างทดสอบลักษณะเป็นรอยเชื่อมที่มีแผ่น gusset ที่ไม่อยู่ในระนาบและมีการเตรียมพื้นผิวด้วยวิธี grinder เพียงแบบเดียว โดยการทดสอบจะเปรียบเทียบกำลังของวัสดุเหล็กในการปรับปรุงกำลังต้านทานความล้า

ชนิดของเหล็กที่ใช้คือ SM490 SBHS700 และ SBHS500 รูปที่ 7 แสดงลักษณะของตัวอย่างทดสอบ ในการเชื่อมแผ่น gusset นั้น ใช้การเชื่อมแบบ full penetration welding บนหน้าตัดขนาด 50 มม. จาก box weld zone เพื่อป้องกันรอยแตกเนื่องจากความล้าที่ฐานรอยเชื่อม

การเตรียมพื้นผิวสำหรับแผ่นฐานได้ถูกเตรียมให้ตัวอย่างทดสอบไว้สำหรับการทดลองโดยใช้วิธีเป้าหมายในการขัดที่ 3

มม. หรือมากกว่าและมีความลึกในการขัดที่ 0.5 มม. รูปที่ 8 แสดงถึงผลการวัดรัศมีและมุมของหน้าตัดแผ่นฐาน(หรือหน้าตัดของการเตรียมพื้นผิวแผ่นฐาน) และรูปที่ 9 แสดงการกระจายของความลึกในการขัดที่เราสามารถเข้าใจจากรูปทั้งสองว่าการเตรียมพื้นผิวแบบ grinder ให้แก่ตัวอย่างทดสอบนั้นเกือบจะมีลักษณะเดียวกันสำหรับทุกตัวอย่าง

การทดสอบความล้าได้ถูกดำเนินการกับตัวอย่างทดสอบโดยใช้สภาวะการทดสอบแบบแรงดัดที่ไม่อยู่ในระนาบ อัตราส่วนความเค้นถูกตั้งให้อยู่ที่ 0.1 หรือต่ำกว่า ในตัวอย่างที่ไม่ได้เตรียมพื้นผิวรอยแตกจากความล้าทั้งหมดเกิดขึ้นจากรูปร่างรอยเชื่อมของเหล็กแผ่นหลัก สำหรับตัวอย่างที่มีการเตรียมพื้นผิวสำหรับเหล็ก SM490 และ SBHS500 รอยแตกทั้งหมดเกิดจากฐานรอยเชื่อมฝั่งแผ่น gusset

รูปที่ 10 แสดงผลการทดสอบความล้า ค่า fatigue life แสดงในรูปแบบของจำนวนรอบการทดสอบที่ต้องใช้เพื่อที่จะให้รอยแตกลุกลามจนถึงขนาด 10 มม. จากรอยเชื่อมจนถึงแผ่นฐาน ในชิ้นงานที่ไม่มีการเตรียมพื้นผิว มีความแตกต่างอย่างเด่นชัดในด้านกำลังต้านทานความล้าซึ่งขึ้นอยู่กับประเภทของเหล็กที่ทำการทดสอบ และเราสามารถยืนยันได้ว่าไม่มีความสัมพันธ์กันระหว่างกำลังของผลิตภัณฑ์เหล็กกับกำลังต้านทานความล้าในกรณีที่ทำรอยต่อแบบเชื่อม ในขณะเดียวกันกำลังต้านทานความล้าของชิ้นงานที่มีการเตรียมพื้นผิวแบบ grinder นั้นเพิ่มขึ้นเมื่อกำลังของวัสดุเหล็กเพิ่มขึ้น จึงเห็นได้ว่ากำลังต้านทานความล้าเพิ่มขึ้นอยู่กับกำลังของวัสดุเหล็ก

ในตัวอย่างทดสอบชนิด SBHS700 รอยแตกจากความล้าไม่ได้เกิดขึ้นบนหน้าตัดที่ทำการเตรียมพื้นผิว แต่เกิดขึ้นในฐานรอยเชื่อมฝั่งแผ่น gusset แทน การทดสอบนี้แสดงว่าการเตรียมพื้นผิวแบบ grinder ได้เพิ่มกำลังในการต้านทานความล้าของเหล็ก SBHS700 ที่ทำรอยต่อด้วยการเชื่อมขึ้นอย่างมาก

รูปที่ 7 ชิ้นงานทดสอบพร้อมแผ่น gusset แบบไม่อยู่ในระนาบ

รูปที่ 8 รัศมีและมุมของหน้าตัดการเตรียมพื้นผิว

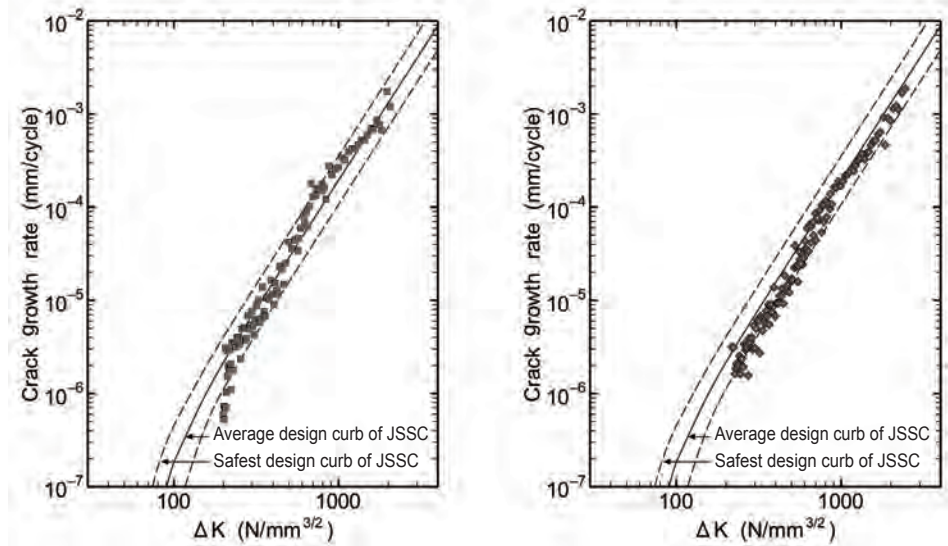
รูปที่ 9 ความลึกในการขัด

รูปที่ 10 ผลการทดสอบความล้า สำหรับการทำรอยต่อแบบเชื่อมบนตัวอย่างที่เตรียมและไม่เตรียมพื้นผิว

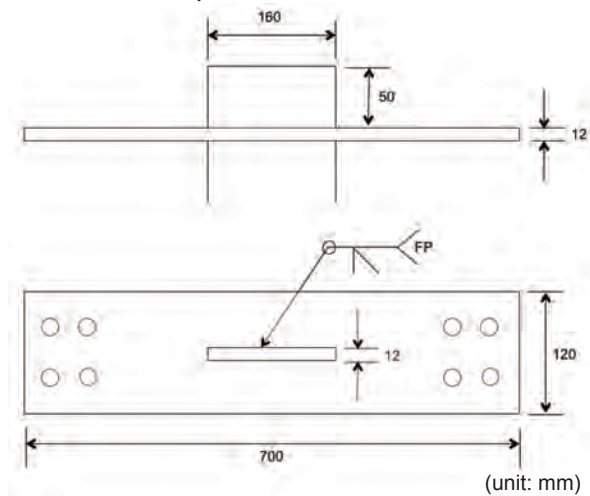
**Table 1 Mechanical Properties of SBHS (Steels for Bridge High Performance Structures)**

| Grade               | Plate thickness (mm) | Yield point or proof strength (N/mm <sup>2</sup> ) | Tensile strength (N/mm <sup>2</sup> ) |
|---------------------|----------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------|
| SBHS500<br>SBHS500W | $6 \leq t \leq 100$  | 500 or more                                        | 570~720                               |
| SBHS700<br>SBHS700W | $6 \leq t \leq 75$   | 700 or more                                        | 780~930                               |

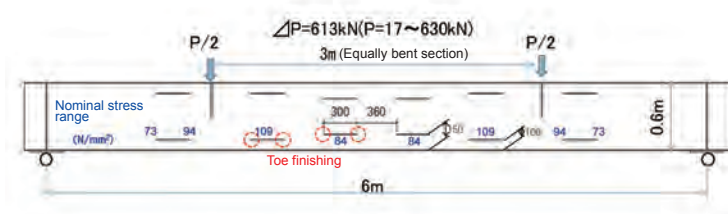
**Fig. 1 Test Results for Crack Growth**



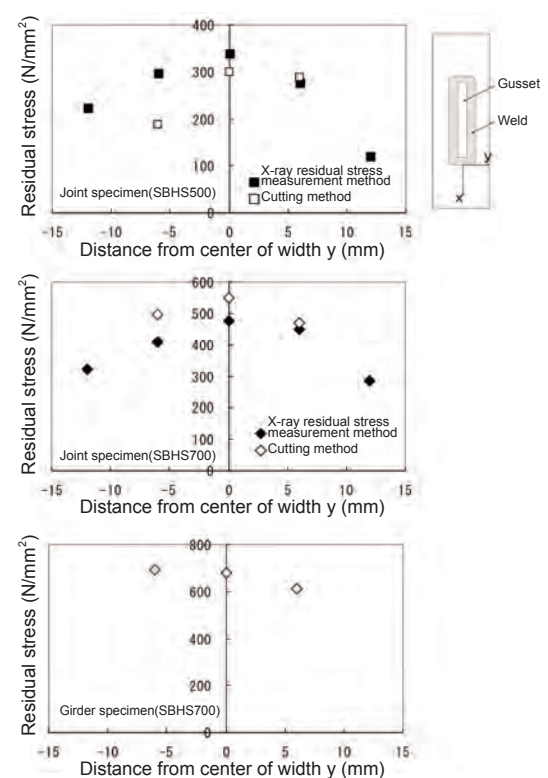
**Fig. 2 Weld Joint Test Specimens (SBHS500 and SBHS700)**



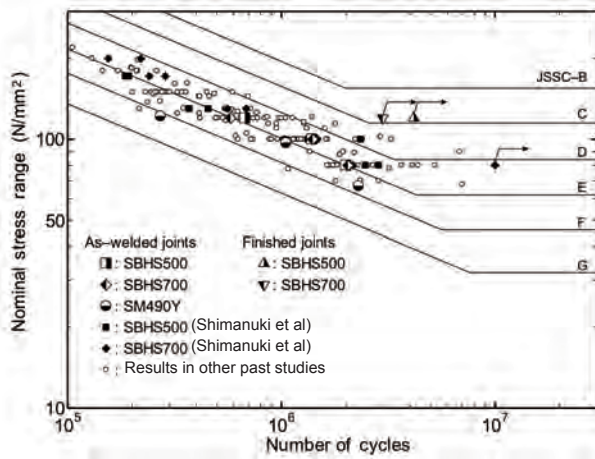
**Fig. 3 Girder Test Specimen (SBHS700)**



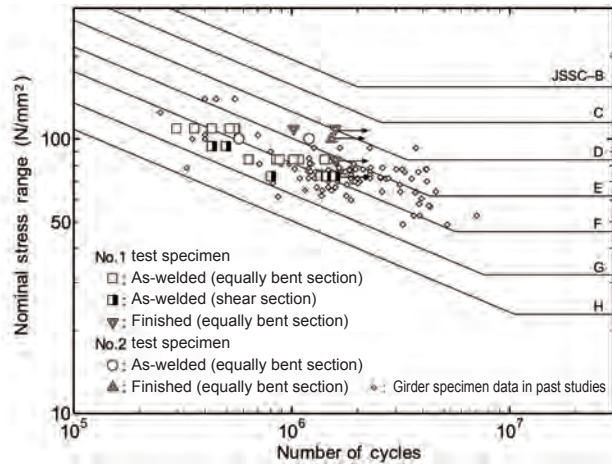
**Fig. 4 Measurement Results for Residual Stress**



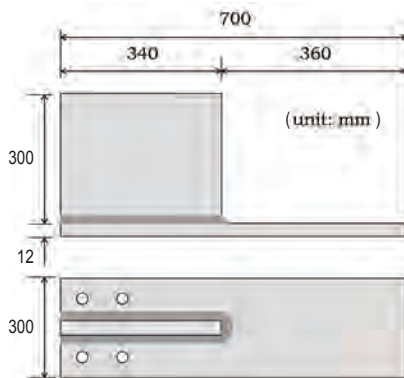
**Fig. 5 Fatigue Test Results for Small-size Weld Joint Specimens**



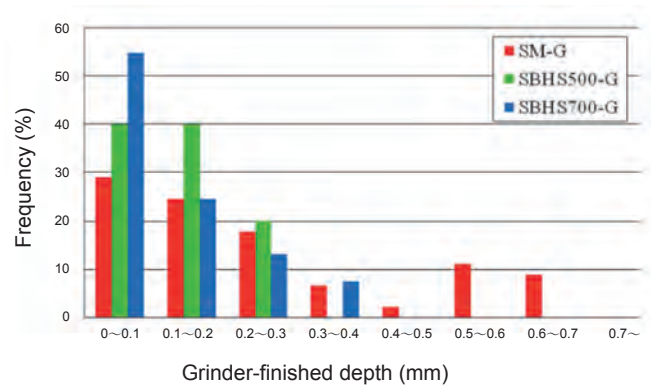
**Fig. 6 Fatigue Test Results for Girder Weld Joint Specimens**



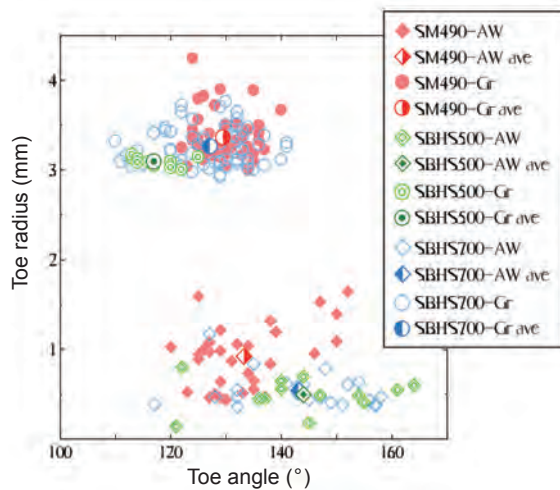
**Fig. 7 Out-of-plane Gusset Test Specimens**



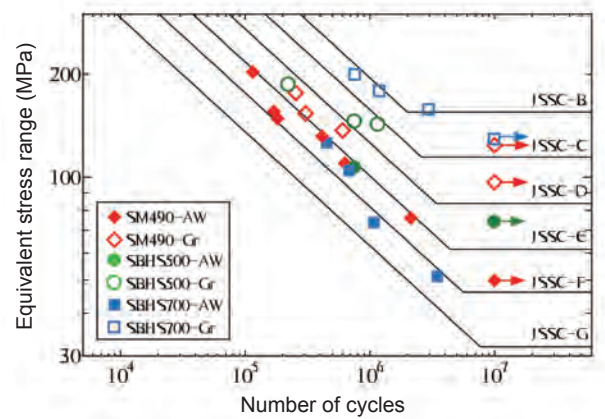
**Fig. 9 Grinding Depth**



**Fig. 8 Radiuses and Angles of Toe or Finished Sections**



**Fig. 10 Fatigue Test Results for As-welded and Finished Weld Joints**



(หน้าที่ 12~15)

### รายงานการวิจัยที่เข้าร่วมงาน (3)

### การบำรุงรักษาสะพานเหล็กแบบ Weathering Steel

โดย Eiki Yamaguchi

ศาสตราจารย์, สถาบันเทคโนโลยี Kyushu

การป้องกันการกัดกร่อนถือเป็นส่วนสำคัญอย่างยิ่งเพื่อให้ได้สะพานเหล็กที่มีอายุการใช้งานยาวนาน การทำสนั้้นถือเป็นการป้องกันที่มีประสิทธิภาพแต่มีราคาสูง คือประมาณ 10% ของมูลค่าโครงสร้างส่วนบน และการทำสนั้้นใหม่ก็จะต้องมีการดำเนินการตลอดอายุการใช้งานของสะพาน ทำให้สะพานเหล็กแบบดั้งเดิมไม่มีความคุ้มค่าโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อพิจารณาจากมุมมองของต้นทุนวัฏจักรชีวิต

weathering steel มีคุณสมบัติที่จะหยุดยั้งการกัดกร่อนโดยชั้นของสนิมละเอียดที่แน่นหนาบนพื้นผิววัสดุ อัตราการกัดกร่อนจะถูกลดลงจนในระดับที่แทบจะไม่ทำลายคุณสมบัติในการรับแรงของวัสดุในมุมมองของวิศวกรรม รูปภาพที่ 1 แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงเมื่อเวลาผ่านไป การทำสนั้้นไม่จำเป็นต้องทำในสะพาน weathering steel ซึ่งทำให้สามารถลดค่าใช้จ่ายได้เมื่อเทียบกับสะพานเหล็กดั้งเดิม สะพาน weathering steel จึงได้รับความนิยมในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา และในขณะที่จำนวนของ weathering steel เพิ่มขึ้น รายงานเกี่ยวกับสภาวะการกัดกร่อนที่ไม่คาดคิดก็เริ่มมีออกมาให้เห็นเช่นกัน

ในปัจจุบัน มีคณะทำงานด้านการบำรุงรักษาสะพาน weathering steel ภายใต้คณะกรรมการวิจัยด้านความทนทานของโครงสร้างสะพานเหล็กแห่ง JSSC ได้ถูกจัดตั้งขึ้นในปี 2012 สมาชิกของคณะทำงานนี้ประกอบด้วยวิศวกรตั้งแต่ระดับปฏิบัติการ เจ้าของสะพานและจากภาคการศึกษา เริ่มแรกคณะทำงานจะทำการทบทวนผลการตรวจสอบสะพาน weathering steel ขณะเดียวกัน ก็ได้เตรียมแบบสอบถามสำหรับเจ้าของสะพานและวิศวกรสะพานเกี่ยวกับการบำรุงรักษาสะพาน weathering steel และจากข้อมูลที่ได้ คณะทำงานจะได้ดำเนินการกำหนดหัวข้อการบำรุงรักษาสะพานต่อไป ซึ่งบทความนี้จะกล่าวถึงภาพรวมของกิจกรรมเหล่านั้น

รูปภาพที่ 1 สะพาน weathering steel

### สภาพการใช้งานของสะพาน weathering steel

#### ● การประเมิน

เนื่องจากสะพาน weathering steel อาจไม่ได้มีสภาพการใช

งานตามที่คาดหวังไว้ ดังนั้นจึงต้องมีการตรวจสอบสะพาน เมื่อถึงเวลา สภาพการกัดกร่อนจะถูกประเมินโดยการแยกออกเป็นห้าระดับ โดยคำจำกัดความของทั้งห้าระดับได้แสดงไว้ในตารางที่ 1 ขณะที่สภาพการใช้งานที่ระดับ 3 และระดับที่สูงกว่าถือว่าเป็นที่น่าพอใจ การกัดกร่อนในระดับ 1 และ 2 นั้นไม่เป็นที่คาดหวังจากสะพาน weathering steel และต้องมีการตรวจสอบเมื่อพบสำหรับการกัดกร่อนระดับ 2 การตรวจสอบด้วยสายตาอยู่เสมอเป็นวิธีที่แนะนำ แต่สำหรับระดับ 1 จะต้องมีการตรวจสอบที่ลึกขึ้นเพื่อตัดสินใจว่าควรจะมีการซ่อมแซมสะพานหรือไม่

เนื่องจากสะพานนั้นเป็นโครงสร้างขนาดใหญ่ สภาพการกัดกร่อนในสะพาน weathering steel จึงอาจไม่เหมือนกัน มันสามารถแปรผันได้ตามแต่ละส่วนของโครงสร้าง หากเจาะจงลงไปในส่วนย่อย จะพบว่าสภาพการกัดกร่อนเฉพาะที่ใกล้ๆ ปลายคาน มักจะแตกต่างจากบริเวณทั่วไป

สภาพการกัดกร่อนถูกตัดสินโดยการทดสอบด้วยสก็อตเทป ซึ่งการทดสอบทำโดยติดสก็อตเทปที่ weathering steel ตัวอย่างของผลการทดสอบได้แสดงไว้ในรูปที่ 1 ตัวอย่างของสนิมที่เก็บได้จะนำไปตัดสินสภาพการกัดกร่อนของสะพานในระดับหนึ่งถึงห้าตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เกณฑ์ของสภาพการกัดกร่อนแต่ละระดับ

รูปที่ 1 การทดสอบด้วยสก็อตเทป

#### ● สภาพการใช้งาน

การสำรวจเมื่อเร็วๆ นี้ของสมาคมสะพานแห่งญี่ปุ่น (Japan Bridge Association, JBA) ได้เปิดเผยถึงสภาพของสะพาน weathering steel ในปัจจุบัน 86% ของสะพานที่ได้รับการตรวจสอบอยู่ในสภาพที่ดี มีสภาพการกัดกร่อนอยู่ในระดับ 3 หรือสูงกว่า ในขณะที่สะพานส่วนที่เหลือมีระดับการกัดกร่อนอยู่ในระดับ 1 หรือ 2 มีความพยายามที่จะหาสาเหตุการเกิดสภาพเหล่านี้ ผลออกมาคือ 68% ของสะพานที่เกิดการกัดกร่อนที่ไม่คาดคิด เนื่องจากสภาพการรั่วซึมของน้ำและ 32% เกิดจากสะพานตั้งอยู่ใกล้กับสะพานอื่นหรือพื้นลาดเอียงตามธรรมชาติ ขณะที่ช่วงปลายคานจะมีสถานการณ์ที่ต่างออกไป: 31% ของสะพานมีช่วงปลายคานที่มีระดับการกัดกร่อนที่ระดับ 1 หรือ 2 และประมาณ 80% ของปลายคานเหล่านั้น ถูกพบว่าเปิดโล่งสู่น้ำรั่วซึม

รอยต่อขยาย (expansion joint) เป็นส่วนหนึ่งของสะพานที่น่าสงสัยว่าจะถูกทำลายจากการขยายตัวของน้ำ รอยต่อขยายที่เกิดความเสียหายจะทำให้เกิดการรั่วซึมของน้ำ ไปยังปลายคานเพื่อรักษาความชื้น นั้นทำให้สภาพที่เลวร้ายที่สุดของ



weathering steel มักจะอยู่ที่ปลายคาน

การสำรวจยังแสดงอีกว่าสารที่ใช้ละลายน้ำแข็งยังเพิ่มอัตรา การเสื่อมสภาพของสะพาน weathering steel ประมาณ 10% โดยอัตรานี้ส่งผลเท่ากันทั้งบริเวณทั่วไปของสะพานและบริเวณ ปลายคาน นอกจากนี้ยังพบอีกว่าการใช้สารละลายน้ำแข็ง ทำให้ น้ำที่รั่วซึมจะส่งผลเร่งให้เกิดการกัดกร่อนที่มากขึ้นด้วย

### การสำรวจด้วยแบบสอบถาม

การสำรวจด้วยแบบสอบถามได้ถูกดำเนินการเพิ่มประเด็น ที่จะต้องมีการจัดการเกี่ยวกับการทำงานในสะพาน weathering steel ซึ่งความคิดเห็นที่น่าสนใจมีดังนี้

- เอกสารทางเทคนิคมีมากเกินไปจนทำให้ทำความเข้าใจได้ง่าย จึง ควรมีการรวบรวมและตีความ รวมถึงจัดหมวดหมู่เอกสารเหล่านี้
- รายละเอียดของโครงสร้าง weathering steel นั้นมีความเป็น เอกลักษณะ อย่างไรก็ตาม ผลกระทบของรายละเอียดโครงสร้าง เหล่านี้ยังไม่ชัดเจนนัก ทำให้เป็นการยากที่จะใช้ในการออกแบบ
- การประเมินสภาพของ weathering steel นั้นทำได้ยาก และ ต้องการตัวอย่างรูปของสภาพการกัดกร่อนที่ค่อนข้างสมบูรณ์ เพื่อเปรียบเทียบ
- เป็นการยากที่จะตรวจหารอยแตกใน weathering steel.
- 1/3 ขององค์กรรัฐท้องถิ่น มีประสบการณ์ในการซ่อมแซม สะพาน weathering steel หลายๆ สะพานได้ถูกทาสี และการ ติดตั้งแผ่นเหล็กเพื่อเสริมกำลัง เนื่องจากผิวของเหล็กพวกนี้จะ ถูกกัดกร่อนค่อนข้างมาก ผู้ดูแลอาจไม่แน่ใจว่าอะไรคือการ ควบคุมหรือปรับแต่งวัสดุพื้นฐานในการก่อสร้าง ดังนั้นคู่มือใน การการซ่อมแซมสะพาน weathering steel จึงเป็นสิ่งจำเป็น

### ผลกระทบของสารละลายน้ำแข็ง

การสำรวจผลกระทบของสารละลายน้ำแข็งในสะพาน weathering steel แก่แห่งซึ่งใช้ปริมาณสารละลายน้ำแข็งรวมถึง มีปริมาณการจราจรที่แตกต่างกัน ได้เริ่มขึ้นในเดือนธันวาคม 2014 ที่ตั้งของสะพานเหล่านี้อยู่ไกลจากชายฝั่งทะเล ดังนั้นจึงไม่ มีผลกระทบเนื่องจากเกลือในอากาศ ลักษณะการสำรวจจะได้ แสดงในรูปภาพที่ 2

ถึงแม้ว่าโครงการนี้จะอยู่ระหว่างดำเนินการ และยังไม่ มีผลสรุปออกมามากนัก แต่ผลจากการสังเกตและการดำเนินการ สำรวจเบื้องต้นได้ถูกนำเสนอ: ผลกระทบจากสารละลายน้ำแข็ง นั้นลดลงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลหลังจากได้มีการลดการใช้ สารละลายน้ำแข็ง; ผลจากสารละลายน้ำแข็งจะคงอยู่ได้ประมาณ สองเดือนครึ่งหลังจากการใช้ครั้งสุดท้าย โดยจะส่งผลมากที่สุดกับ พื้นผิวภายนอกของคานขอบ; การลดการใช้สารละลายน้ำแข็งก็

ส่งผลกระทบมากหากเปรียบเทียบจากสะพานลักษณะเดียวกันที่ อยู่ใกล้กัน ซึ่งผลจากการลดการใช้สารละลายน้ำแข็งได้แสดงใน รูปที่ 2

รูปภาพที่ 2 ลักษณะการสำรวจการใช้สารละลายน้ำแข็ง รูปที่ 2 การลดการใช้สารละลายน้ำแข็ง

### การกำหนดเกณฑ์ของสภาวะการกัดกร่อน

สภาวะการกัดกร่อนนั้นเป็นตัวชี้วัดสภาพของ weathering steel ดังนั้นการประเมินสภาพจึงมีความสำคัญสำหรับการ บำรุงรักษาสะพาน weathering steel ในปัจจุบันการประเมิน สามารถทำได้ตามเกณฑ์ในตารางที่ 1 ซึ่งอยู่บนพื้นฐานของการ ปฏิกิริยาของสนิม ในขณะที่การปฏิบัตินั้นดูไม่ซับซ้อน แต่การให้ ความมั่นใจในวัตถุประสงค์และผลการประเมินนั้นยากกว่า มาก ดังนั้นจึงควรมีการพัฒนาการแบ่งเกณฑ์ให้ดีขึ้นกว่านี้

การปรับปรุงเริ่มโดยการใช้ประโยชน์จากการวิเคราะห์ ภาพถ่ายหรือสิ่งแสดงสภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสก็อตเทปที่มี อนุภาคของสนิมจะถูกวิเคราะห์และวัดปริมาณค่าต่างๆ ที่ไปถึง ลักษณะของการกัดกร่อน ค่าเหล่านี้รวมถึงขนาดอนุภาคสนิมที่ ใหญ่ที่สุด (รูปที่ 3(a)) ปริมาณที่มากที่สุดของอนุภาคสนิมที่มี ขนาดเล็กที่สุด (รูปที่ 3(b)) ความหนาแน่นของอนุภาคสนิมและ อื่นๆ รวมๆ แล้วสก็อตเทปที่ติดอนุภาคสนิมในสภาวะต่างๆ ได้ถูก เลือกมาวิเคราะห์ทั้งหมด 27 ชิ้น สภาพการกัดกร่อนจะถูก วิเคราะห์โดยวิศวกรสะพานที่มีประสบการณ์ในการตรวจสอบ สะพาน

รูปที่ 3 อนุภาคสนิม

จากมุมมองของการบำรุงรักษาสะพาน ข้อมูลที่สำคัญที่สุด คือสภาพการกัดกร่อนนั้นอยู่ในภาวะแผ่วระงับหรือไม่ เนื่องจาก สภาพการกัดกร่อนระดับ 1 และ 2 นั้นต้องการการดูแลใกล้ชิด เป้าหมายในการตรวจสอบคือการระบุการกัดกร่อนในระดับ 2 หรือ ต่ำกว่า การแบ่งสภาพการกัดกร่อนออกเป็นห้าระดับนั้นอยู่เกิน ขอบเขตการศึกษา

การทดสอบอย่างรอบคอบของผลการวิเคราะห์ตัวอย่างและ การประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญนำไปสู่ข้อสรุปเบื้องต้นว่าสภาพของ การกัดกร่อนจะต้องการการแผ่วระงับเมื่อมีขนาดน้อยที่สุดของ อนุภาคสนิมที่มากกว่า 9 มม.

## เอกสารเพิ่มเติม

เอกสารเพิ่มเติมได้ถูกเตรียมเพื่อช่วยในการประเมินสภาพการกัดกร่อน สะพาน 28 แห่งที่ต่างมีที่ตั้งและสภาพการกัดกร่อนที่แตกต่างกันได้ถูกตรวจสอบ นำมาซึ่งข้อมูล 190 ชุด ครอบคลุมสภาพการกัดกร่อนที่เป็นไปได้ทั้งหมด แต่ละตัวอย่างจะประกอบด้วยข้อมูลหลายชนิด: รูปถ่ายสามมิติ (anaglyph 3D) ของพื้นผิว ผลการทดสอบแบบสก็อตเทป รูปถ่ายภาพรวม ความหนาของสนิมและข้อมูลอื่นๆ เช่นระยะห่างจากชายฝั่งทะเล

## รอยแตกเนื่องจากความล้า

รอยแตกจากความล้าที่เกิดขึ้นในสะพานได้ถูกรายงานขึ้นมาในระหว่างที่คณะทำงานได้ออกตรวจตราและทำกิจกรรมต่างๆ สนิมรอบๆรอยแตกจะมีสีสว่างกว่า (รูปภาพที่ 3) เนื่องจากมีการพบลักษณะเดียวกันนี้ในสหรัฐอเมริกา ดังนั้นจึงดูเหมือนว่าสีของสนิมจะเป็นร่องรอยในการตามหารอยแตกจากความล้าได้

รูปภาพที่ 3 รอยแตกเนื่องจากความล้า

## ความสามารถในการรับน้ำหนักของคานที่ถูกกัดกร่อน

การกัดกร่อนที่เกิดขึ้นโดยไม่คาดคิดมักจะถูกตรวจพบเสมอที่ปลายคาน บริเวณปลายคานนั้นมันจะรับน้ำหนักแบบจุดรวมถึงแรงปฏิกิริยาจากจุดรองรับ ดังนั้นการกัดกร่อนบริเวณปลายคานจึงสามารถคุกคามถึงความปลอดภัยของสะพานได้ ดังนั้นการเสื่อมสภาพของการรับน้ำหนักเนื่องจากการกัดกร่อนจึงถูกสำรวจในเชิงตัวเลข ปลายของคานหลักและคานขวางถูกศึกษาในรูปแบบการกัดกร่อนที่ต่างกัน การคำนวณตัวชี้วัดไม่เพียงแคขนาดและความลึกของการกัดกร่อนแต่รวมถึงตำแหน่งในการกัดกร่อนถือเป็นส่วนสำคัญในการเสื่อมสภาพ ตัวอย่างเช่นการกัดกร่อนในคานที่อยู่ภายนอกจุดรองรับ (รูปที่ 4) จะส่งผลกระทบมากกว่า ดังนั้นหากพบจะต้องมีการเฝ้าระวังที่มากกว่า

รูปที่ 4 ความสามารถในการรับน้ำหนักของคานหลักที่ถูกกัดกร่อน

## การซ่อมแซมโดยการทาสีทับ

ความยากลำบากในการซ่อมแซมสะพานเหล็ก weathering steel ถูกชี้ให้เห็นชัดเจน: มันไม่ง่ายเลยที่จะเอาสนิมออกจากผิว weathering steel และการเอาเกล็ดที่สะสมออกก็ยากเช่นกัน อย่างไรก็ตามทั้งสองสิ่งที่กล่าวข้างต้นเป็นส่วนสำคัญในงานซ่อมแซม ดังนั้นงานซ่อมแซม weathering steel จึงใช้เวลามาก

คณะทำงานได้มีโอกาสที่จะซ่อมแซมสะพาน weathering steel ที่ถูกกัดกร่อน และมีการเก็บข้อมูลอันมีค่าระหว่างการ

ซ่อมแซมโดยได้รับอนุญาตจากเจ้าของสะพานแล้ว รวมถึงผลกระทบจากวิธีในการเตรียมพื้นผิว

จากข้อมูลเหล่านั้นทางคณะทำงานได้แนะนำวิธีดังนี้: การทำความสะอาดด้วยเครื่องมือกำลังสูงได้ถูกดำเนินการก่อน จากนั้นจึงพ่นน้ำด้วยเครื่องฉีดน้ำสองรอบ จากนั้นจึงทำการฉีดพ่นรอบสุดท้าย

ข้อมูลแสดงถึงการกัดกร่อนในระดับ 1 โดยวิธีนี้ให้ผลลัพธ์ที่น่าพอใจรวมถึงปริมาณการสะสมเกล็ดที่ไม่มากกว่า 50 mg/m<sup>2</sup> มีการยืนยันว่าจำนวนรอบในการฉีดพ่นจะน้อยกว่านี้ได้ หากสภาพการกัดกร่อนอยู่ในระดับ 2

## บทสรุป

ปกติแล้วสะพาน weathering steel ในญี่ปุ่นยังอยู่ในสภาพที่ดี มีบางแห่งเท่านั้นที่ไม่ได้มีสภาพตามที่คาดการณ์ไว้ การบำรุงรักษาจึงเป็นเรื่องที่สำคัญ กิจกรรมของคณะทำงานจึงสามารถช่วยเหลือในบางเรื่องที่เกี่ยวข้องกับงานบำรุงรักษาได้ ซึ่งกิจกรรมเหล่านี้จะอย่างต่อเนื่องเพื่อช่วยเผยแพร่เทคโนโลยีซึ่งสามารถคงสภาพการใช้งานของสะพาน weathering steel ต่อไป



(a) Two months old



(b) One year old



(c) 17 years old



(d) 22 years old

Photo 1 Weathering steel bridge

**Table 1 Criteria for Corrosion-State Level**

| Level | Description of rust particle                 | Rust thickness                |
|-------|----------------------------------------------|-------------------------------|
| 5     | Fine but non-uniform                         | Less than about 200 $\mu$ m   |
| 4     | Average size of about 1 mm ;fine and uniform | Less than about 400 $\mu$ m   |
| 3     | Average size of 1-5 mm                       | Less than about 400 $\mu$ m   |
| 2     | Average size of 5-25 mm                      | Less than about 800 $\mu$ m   |
| 1     | Formation of rust layer                      | Larger than about 800 $\mu$ m |

**Fig. 1 Scotch Tape Test**



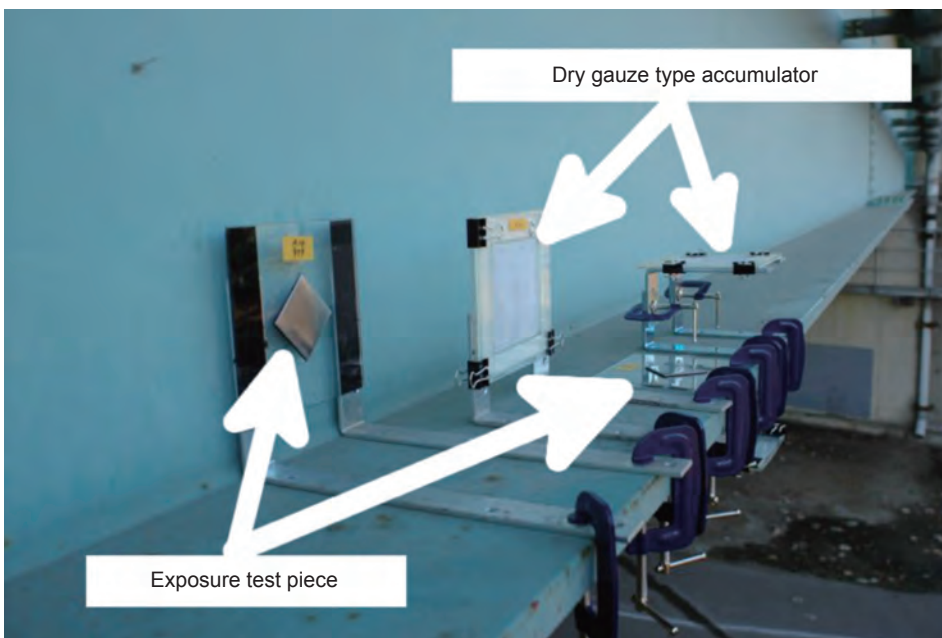


Photo 2 Survey setup for de-icing agent

Fig. 2 Deposition of De-Icing Agent

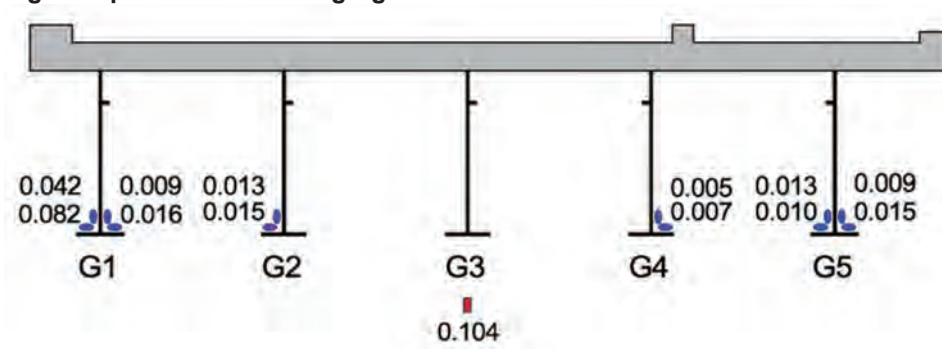


Fig. 3 Rust Particle

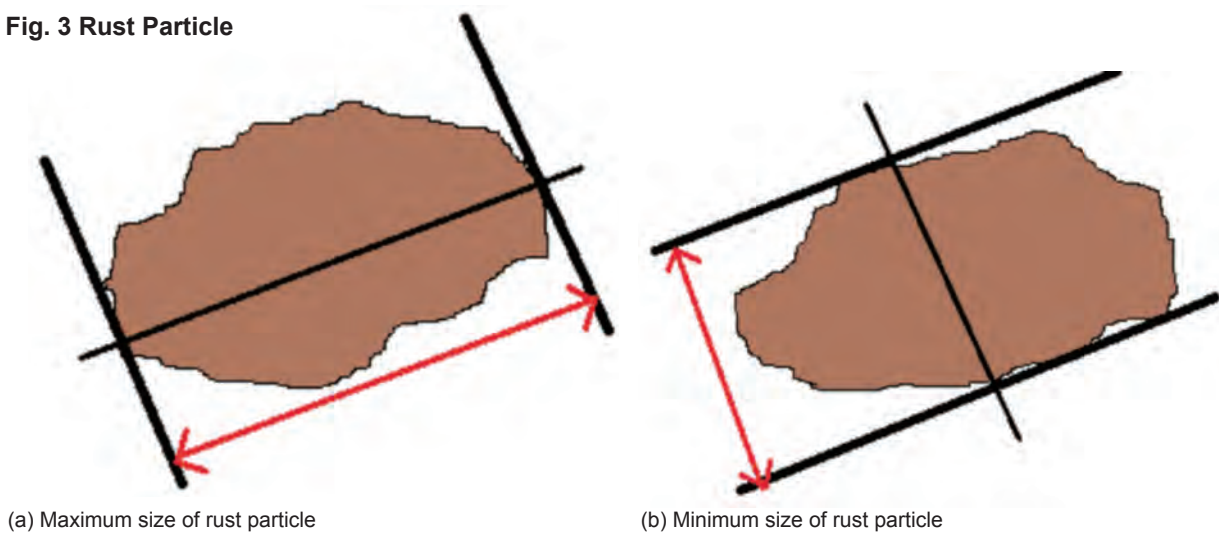
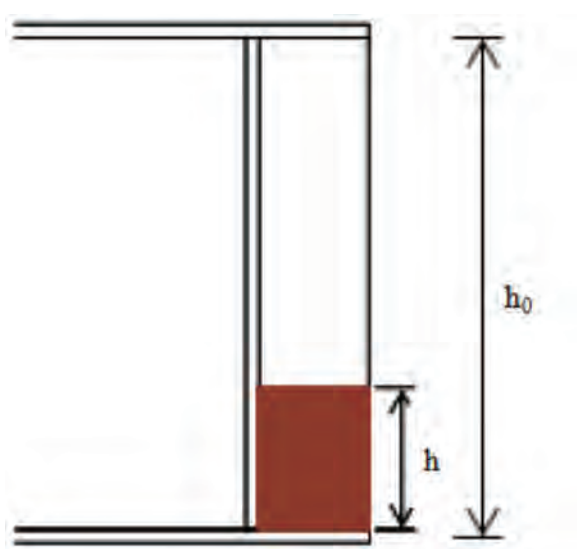




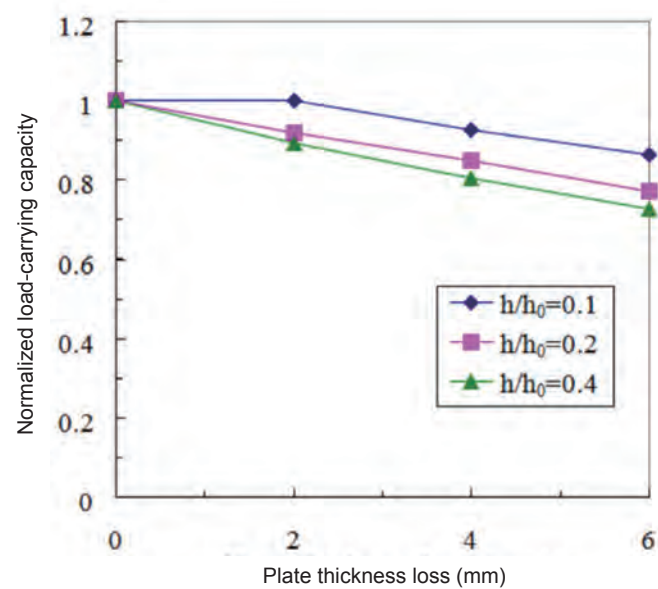


Photo 3 Fatigue crack

Fig. 4 Load-Carrying Capacity of Corroded Main Girder



(a) Location of corrosion



(b) Deterioration of load-carrying capacity



(หน้าที่ 16~18)

#### การบรรยายพิเศษ

### โครงการ “การสร้างความเข้มแข็งระดับชาติ” และ ทิศทางในอนาคต

โดย Satoshi Fujii

ศาสตราจารย์, มหาวิทยาลัย Kyoto; ที่ปรึกษาพิเศษคณะรัฐมนตรี

ความเสี่ยงของญี่ปุ่นบนความเจ็บปวดจากภัยพิบัติทางธรรมชาติซึ่งไม่อาจทำนายได้นั้นเติบโตอย่างรวดเร็ว ในช่วงกว่าทศวรรษที่ผ่านมา ประเทศได้ทำการสร้างสังคมขนาดใหญ่ซึ่งมีความซับซ้อนมากและมีองค์ประกอบที่หลากหลายเชื่อมโยงถึงกันและกันทางชีวภาพ เหนือสิ่งอื่นใดประเทศนี้ได้สร้างมหานครขึ้นจำนวนหนึ่งซึ่งแต่ละแห่งก็มีสิ่งอำนวยความสะดวกที่จำเป็นอย่างหนาแน่น ยิ่งไปกว่านั้นมหานครเหล่านี้ตั้งอยู่ในบริเวณได้รับผลกระทบอย่างรุนแรงในอดีตจากแผ่นดินไหวในเขต Kanto แผ่นดินไหว Nankai Trough และการระเบิดของภูเขาไฟ Fuji นอกจากนี้ยังมีการทำนายว่าจะมีเหตุภัยพิบัติใหญ่ในอนาคตอันใกล้ (อ้างอิงจากรูปที่ 1)

รูปที่ 1 การทำนายแผ่นดินไหว Megathrust ที่อาจเกิดขึ้นในญี่ปุ่น

#### ภาพรวมโครงการ “การสร้างความเข้มแข็งระดับชาติ”

รัฐบาลญี่ปุ่นริเริ่มโครงการนี้ในปี 2015 รู้จักกันในชื่อ “การสร้างความเข้มแข็งระดับชาติ—สร้างประเทศที่แข็งแกร่งและมีความเข้มแข็ง” ด้วยวัตถุประสงค์หลักสามข้อ:

- หยุดสถานการณ์ที่จะก่อให้เกิดจากมหาภัยพิบัติที่ได้มีการคาดการณ์ไว้ก่อนเกิดเหตุ
- ลดความเสียหายจากมหาภัยพิบัติในอนาคตของญี่ปุ่นให้มากที่สุด
- หลีกเลี่ยงการที่ประเทศจะประสบวิกฤตในแบบที่ไม่สามารถฟื้นฟูให้เป็นปกติอย่างเดิมได้อันเกิดจากภัยพิบัติ

คณะรัฐมนตรี Abe นำโดยนายกรัฐมนตรี Shinzo Abe ได้เข้ารับตำแหน่งในเดือนธันวาคม 2012 จากนั้นได้มีการมอบหมายให้รัฐมนตรีรับหน้าที่ในการสร้างความเข้มแข็งระดับชาติ ขณะเดียวกันก็มีการจัดตั้งสำนักส่งเสริมความเข้มแข็งระดับชาติในเลขาธิการคณะรัฐมนตรี ซึ่งสำนักใหม่นี้เป็นศูนย์กลางในการริเริ่มส่งเสริมโครงการไปยังทุกกระทรวงและหน่วยงานราชการ ในเวลาเดียวกันนั้นมีความพยายามรวบรวมเพื่อจัดตั้งร่างบัญญัติเกี่ยวกับการเสริมสร้างความเข้มแข็งระดับชาติในเดือนธันวาคม 2013 ในบัญญัตินี้มีการจัดตั้งสำนักส่งเสริมความเข้มแข็ง

ระดับชาติในคณะรัฐมนตรีนำโดยนายกรัฐมนตรี ซึ่งสำนักนี้มีหน้าที่กำหนดแผนขั้นพื้นฐานของการสร้างความเข้มแข็งระดับชาติ ซึ่งถูกให้ความสำคัญสูงสุดในหมู่แผนการบริหารระดับชาติอื่นๆ

รูปที่ 2 ภาพของ “แผนขั้นพื้นฐานเพื่อความเข้มแข็งของชาติ” ซึ่งจะถูกให้ความสำคัญสูงสุด

#### ความเข้มแข็งระดับชาติ และสถานการณ์ตั้งเครียดสิบห้า

##### แบบ

ในการร่างแผนขั้นพื้นฐานสำหรับความเข้มแข็งระดับชาตินั้น รัฐบาลได้กำหนดสถานการณ์ตั้งเครียด 45 แบบซึ่งอาจเกิดขึ้นได้ และสถานการณ์เหล่านี้ 15 แบบถูกจัดให้มีความสำคัญแบบเร่งด่วนที่ต้องมีมาตรการจัดการโดยทันที (ดูตารางที่ 1)

แต่ละสถานการณ์จาก 15 แบบได้ถูกเลือกโดยเป็นเหตุการณ์ที่ดูเหมือนจะเกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ หรือภัยพิบัติธรรมชาติอื่นๆ มาตรการรับมือที่สำคัญรวมถึงการ ปรับปรุงกำแพงกันคลื่น การเสริมกำลังรับแรงสั่นสะเทือน มาตรการรับมือกรณีดินเหลวและอื่นๆ การอบรมประชาชนเรื่องป้องกันภัยพิบัติ การสื่อสารอย่างใกล้ชิดเกี่ยวกับการประเมินความเสี่ยง การส่งเสริมแผนธุรกิจต่อเนื่องและซอฟต์แวร์ในการตรวจวัด ภัยแล้งสำคัญของการประสบความสำเร็จในการส่งเสริมมาตรการเหล่านี้คือการที่นำแต่ละมาตรการมาผสมผสานกันอย่างสอดคล้องโดยการดำเนินการจากภาครัฐและเอกชนจากหลายๆ แห่ง

มาตรการที่สำคัญที่สุดที่ควรส่งเสริมเพื่อที่จะหลีกเลี่ยงการเกิดสถานการณ์ตั้งเครียดเหล่านี้ คือ “การอำนวยความสะดวกให้การใช้มาตรการอย่างเข้มข้นในเขตเมืองหลวงโตเกียว” และ “การจัดวางการกระจายมาตรการไปทั่วประเทศ” นั่นคือการอำนวยความสะดวกให้การปฏิบัติงานและกระจายการปฏิบัติงานไปทั่วประเทศ ไม่ใช่แค่เพื่อมาตรการที่ได้ผลสำหรับสร้างความเข้มแข็งระดับชาติ แต่เพื่อสร้างประโยชน์สามประการดังนี้:

- บรรเทาความรุนแรงของผลกระทบจากแผ่นดินไหวในภาคพื้นทวีป ที่เกิดในเขตเมืองหลวงโตเกียว
- การรักษาวินัยของประชาชนหลังเกิดภัยพิบัติ
- ความคล่องตัวและรวดเร็วในการกู้ภัย การซ่อมแซมและฟื้นฟู รวมถึงประโยชน์อีกอย่างหนึ่งคือ:
- การเสียสละเพื่อสร้างความเข้มแข็งในท้องถิ่นผ่านการเผยแพร่และกระจายตัวของการปฏิบัติงาน

แผนขั้นพื้นฐานเพื่อความเข้มแข็งของประเทศได้รับการอนุมัติจากการประชุมคณะรัฐมนตรีเมื่อเดือนมิถุนายน 2014 บนพื้นฐานของระเบียบปฏิบัติ เราสามารถอธิบายถึงแผนขั้นพื้นฐานนี้โดยการระบุเป้าหมายหลักสองประการที่ควรได้รับการส่งเสริม—การ

อำนวยความสะดวกให้การใช้มาตรการอย่างเข้มข้นในเขตเมืองหลวงโตเกียว และการจัดรูปแบบของเทศบาลท้องถิ่นอิสระให้มีการปฏิบัติงานที่มีประสิทธิภาพและสอดคล้องกันทั่วภูมิภาค

ในการบรรลุเป้าหมายทั้งสองนี้จำเป็นต้องมีการพัฒนามาตรการแบบ software เพื่อเร่งการเข้าถึงเป้าหมายทั้งสอง เช่น การทบทวนระบบจัดเก็บภาษีที่เหมาะสม ระบบการให้ความช่วยเหลือด้านการเงินและระบบสนับสนุนอื่นๆ ในหลายๆ แง่มุมในขณะเดียวกัน มาตรการแบบ hardware ก็มีความสำคัญในการช่วยให้บรรลุเป้าหมายทั้งสองเช่นกัน และควรนำมาใช้ควบคู่กัน (อ้างอิงจากรูปที่ 3)

ตารางที่ 1 สถานการณ์ที่ตั้งเครือข่ายห้าแบบอ้างอิงจากมาตรการเร่งด่วนของภาครัฐ

รูปที่ 3 เป้าหมายพื้นฐานของโครงการ "สร้างความเข้มแข็งระดับชาติ" และความพยายามในการส่งเสริมโครงการนี้

### แผนขั้นพื้นฐานของการสร้างความเข้มแข็งระดับภูมิภาค

หลังจากรัฐบาลกลางได้ประกาศแผนขั้นพื้นฐานสำหรับความเข้มแข็งระดับประเทศซึ่งระบุถึงทิศทางสำหรับการพัฒนาความเข้มแข็งระดับชาติ รัฐบาลกลางได้จัดเตรียมคู่มือสำหรับการพัฒนา "แผนขั้นพื้นฐานสำหรับความเข้มแข็งระดับท้องถิ่น" และได้สนับสนุนองค์กรรัฐท้องถิ่นกำหนดแผนของตนเอง ผลที่ได้คือเกือบๆ ครึ่งหนึ่งของรัฐบาลท้องถิ่นได้จัดเตรียมแผนเฉพาะของตนเอง (อ้างอิงจากรูปที่ 4)

ในขณะเดียวกันรัฐบาลกลางก็ได้ดำเนินการรวบรวมความเข้มแข็งระดับภูมิภาคและแผนการบูรณะฟื้นฟูของรัฐบาลท้องถิ่นไว้ด้วยกัน เหตุผลคือเมื่อควบรวมกับแผนบูรณะฟื้นฟูแล้วภายหลังเกิดภัยพิบัติจะเกิดการปรับปรุงความเข้มแข็งโดยธรรมชาติ ยิ่งไปกว่านั้น โครงการที่จะคงความเข้มแข็งระดับท้องถิ่นไว้หลังจากเกิดภัยพิบัติจะทำให้เกิดประโยชน์หลายอย่างต่อเศรษฐกิจระดับท้องถิ่นในช่วงเวลาปกติ และการลดความเข้มข้นในการปฏิบัติงานในโตเกียว ซึ่งเป็นสิ่งที่สำคัญที่สุดใน "การสร้างความเข้มแข็งระดับชาติ" จะส่งเสริมการบูรณะฟื้นฟูระดับภูมิภาคโดยตรง

รูปที่ 4 รัฐบาลท้องถิ่นแสดงการเริ่มดำเนินงานโครงการสร้างความเข้มแข็งระดับภูมิภาค (รวมถึง ระยะเวลาวางแผน)

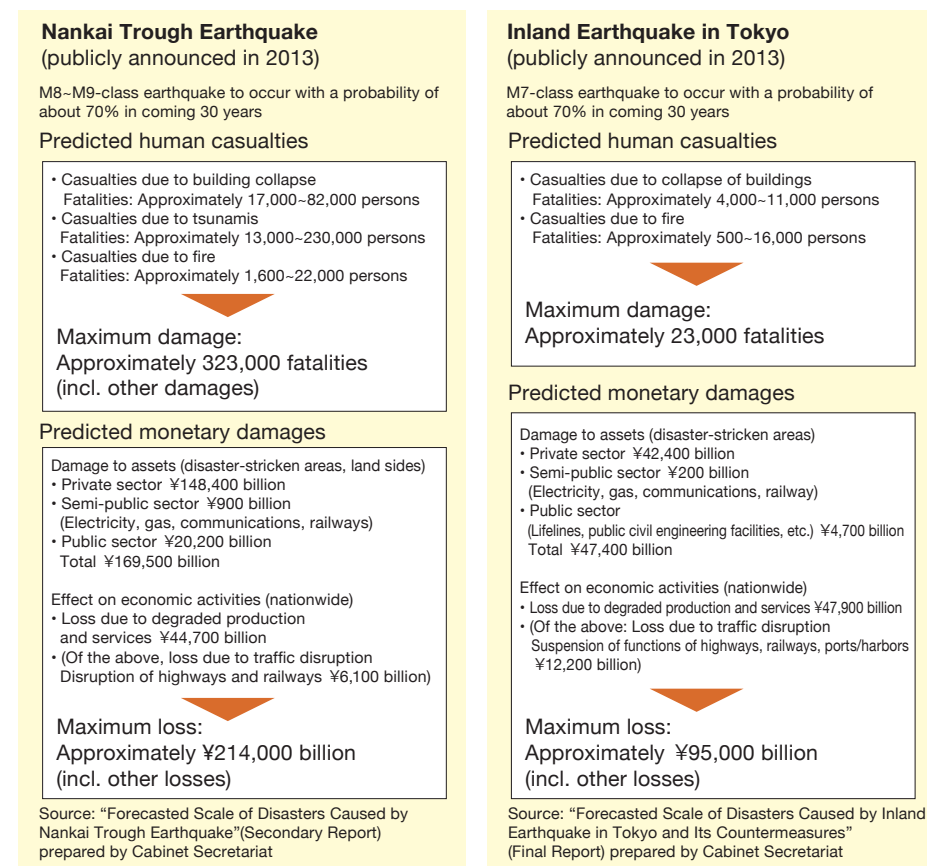
### "การสร้างความเข้มแข็งระดับชาติ" ในฐานะโครงการระดับชาติ

ในปัจจุบันรัฐบาลญี่ปุ่นกำลังหารือเกี่ยวกับมาตรการในการ

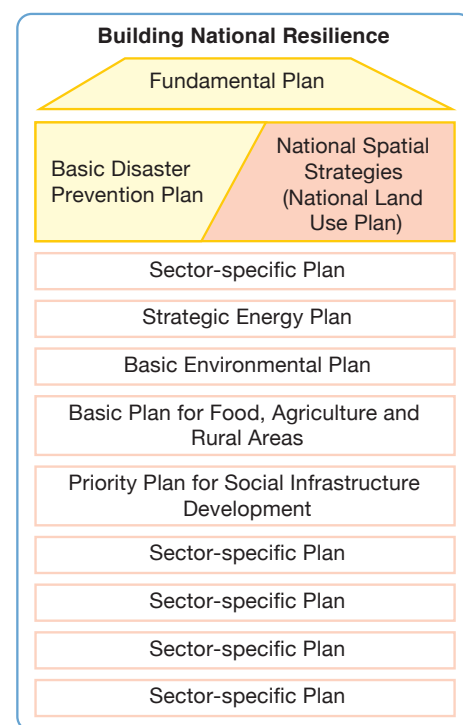
ส่งเสริมโครงการสร้างความเข้มแข็งระดับประเทศ หนึ่งในมาตรการเหล่านั้นคือการสร้างความเข้มแข็งแก่ภาคเอกชนซึ่งแยกออกมาจากโครงการโดยรัฐบาลกลางและรัฐบาลท้องถิ่น การส่งเสริมให้โรงเรียนมีการอบรมโดยมีเป้าหมายให้เด็กๆ ได้เข้าใจถึงการสร้างความเข้มแข็งระดับชาติและระดับภูมิภาค—"การสร้างเมืองและประเทศเพื่อป้องกันภัยพิบัติ" รวมถึงการส่งเสริมกรอบความร่วมมือระหว่างประเทศ

โครงการสร้างความเข้มแข็งระดับชาติถูกส่งเสริมให้เป็นโครงการระดับประเทศภายใต้การควบคุมของรัฐบาลกลางโดยความร่วมมือกับรัฐบาลท้องถิ่น องค์กรภาคเอกชน และประชาชนทั่วประเทศ

**Fig. 1 Megathrust Earthquakes Forecasted to Occur in Japan**



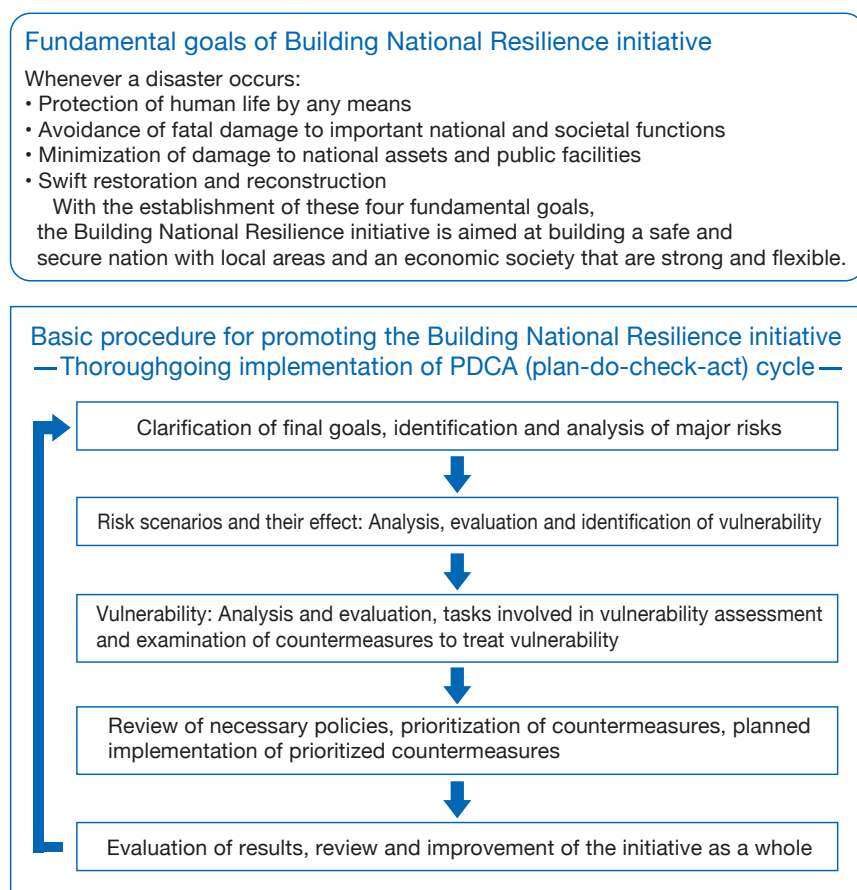
**Fig. 2 Image of “Fundamental Plan for Building National Resilience” to Be Promoted as Priority Plan**



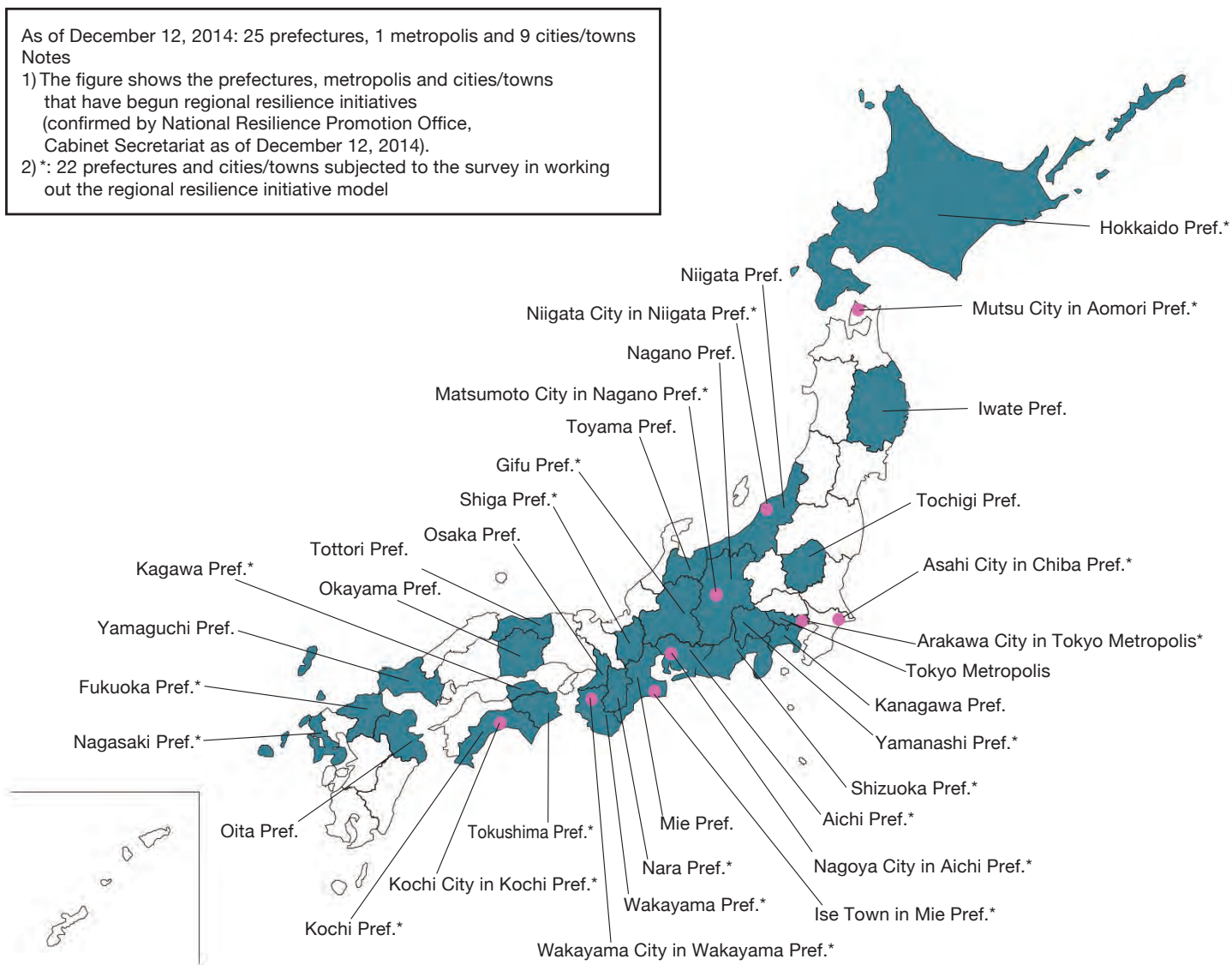
**Table 1 Fifteen Serious Situations Cited by the Government as Requiring Rapid Measures**

- Collapse of high-rise and other buildings in urban areas and outbreak of large fires in such areas
- Prodigious loss of life due to tsunamis
- Prodigious loss of life because of inadequate transmission of information
- Absolute lack of rescue and emergency activities by self-defense forces, the police, fire fighters, etc.
- Increase in fatalities due to insufficient supply of food and other necessities to disaster-stricken areas
- Prolonged inability to use telephones and radios
- Suspension of energy supply
- Suspension of energy supply to domestic industries
- Significant reduction of national economic productivity
- Suspension of food supply
- Disruption of transportation arteries connecting eastern and western parts of the country
- Disaster-induced dysfunction of central government
- Prolonged inundation of towns due to extensive flooding
- Occurrence of terrible disasters due to large-scale volcanic eruptions, etc.
- Devastation of farmland and forests that account for 80% of national land area

**Fig. 3 Fundamental Goals of the “Building National Resilience” Initiative and Related Promotion Efforts**



**Fig. 4 Local Governments to Publicly Announce Start of Effort to Work Out “Building Regional Resilience” Initiatives (incl. planning stage)**





(ปกหลัง)

## การดำเนินงานของ JISF

### การประชุมสัมมนาด้านโครงสร้างเหล็กในประเทศกัมพูชา

สมาพันธ์เหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทย (JISF) ได้จัดการประชุมสัมมนาในหัวข้อ “เทคโนโลยีล่าสุดของโครงสร้างเหล็กในปี 2014” ณ กรุงพนมเปญ ประเทศกัมพูชา ในวันที่ 4 ธันวาคม 2014 โดยมีผู้ร่วมจัดงานคือกระทรวงโยธาธิการและผังเมืองและการขนส่งของกัมพูชาและสถาบันเทคโนโลยีแห่งกัมพูชา

การบรรยายในหัวข้อซึ่งครอบคลุมถึงเรื่อง ท่าเรือ การก่อสร้างสะพานและอาคาร ถูกนำเสนอในการสัมมนาโดยผู้เชี่ยวชาญทั้งจากญี่ปุ่นและกัมพูชา ในการสัมมนารั้งนี้มีผู้เข้าร่วมทั้งวิศวกรและนักศึกษามหาวิทยาลัยจำนวนประมาณ 120 คน และในขณะเดียวกันมีการจัดการประชุมกลุ่มเล็กๆ ระหว่างผู้มีอำนาจจากทั้งสองประเทศเพื่อ แลกเปลี่ยนความคิดเห็นและข้อมูลสถานการณ์ในปัจจุบันหรือโครงการในอนาคตเพื่อส่งเสริมการใช้งานโครงสร้างเหล็กในกัมพูชา

การประชุมสัมมนารั้งนี้จัดเป็นครั้งที่สองต่อจากที่ JISF จัดครั้งแรกเมื่อปี 2012 ซึ่ง JISF วางแผนจะจัดการประชุมสัมมนารั้งที่สามในเดือน ธันวาคม 2015 ณ ประเทศกัมพูชา

(รูปภาพ) การประชุมสัมมนาในหัวข้อ “เทคโนโลยีล่าสุดของโครงสร้างเหล็กในปี 2014” จัดขึ้น ณ กรุงพนมเปญ

### สัมมนาด้านการต้านทานแผ่นดินไหวในประเทศไทย

JISF ร่วมกับสถาบันเหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทยจัดสัมมนาในหัวข้อ “มาตรฐานการออกแบบเพื่อต้านทานแรงสั่นสะเทือนและเทคโนโลยีที่จะรับมือกับแผ่นดินไหว” ในวันที่ 12 และ 13 กุมภาพันธ์ 2015 ณ กรุงเทพฯ ประเทศไทย หลังจากเกิดแผ่นดินไหวในเดือนพฤษภาคม 2014 ประเทศไทยก็มีความตื่นตัวและมีความกังวลเกี่ยวกับเทคโนโลยีเพื่อต้านทานแรงสั่นสะเทือนสำหรับอาคารในประเทศ การสัมมนารั้งนี้เป็นส่วนหนึ่งในความร่วมมืออันดีเนื่องมาจากข้อตกลงความร่วมมือทางเศรษฐกิจไทย-ญี่ปุ่น

ผู้เชี่ยวชาญสามท่านจากประเทศไทยและสองท่านจากญี่ปุ่นนำเสนอการบรรยายเกี่ยวกับการออกแบบเพื่อต้านทานแรงสั่นสะเทือนและเทคโนโลยีต้านทานการสั่นสะเทือนในการสัมมนาซึ่งมีผู้เข้าร่วมกว่า 80 คน JISF และสถาบันเหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทยวางแผนที่จะร่วมกันจัดสัมมนาเรื่อง “การถ่ายทอดเทคโนโลยี เพื่อส่งเสริมการก่อสร้างด้วยโครงสร้างเหล็ก”

ณ กรุงเทพฯ ในเดือนกันยายน 2015

(รูปภาพ) วิทยากรผู้บรรยาย

### เปิดตัวสำนักงานประจำภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

JISF ได้เปิดสำนักงานประจำภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ที่กรุงกัวลาลัมเปอร์ ประเทศมาเลเซีย และได้จัดพิธีเปิดไปเมื่อวันที่ 28 เมษายน 2015 และเริ่มเปิดทำการปกติ สำนักงานประจำภูมิภาคนี้ให้บริการด้านการประสานงานและส่งเสริมความร่วมมือระหว่างบริษัทเหล็กในญี่ปุ่นและบริษัทเหล็กในอาเซียน และยังทำการเก็บข้อมูลในหลายๆ ด้านโดยการพัฒนาเครือข่ายกับองค์กรเหล็กต่างๆ ในภูมิภาคอาเซียน ขณะเดียวกันก็จัดกิจกรรมเพื่อส่งเสริมความเข้าใจในอุตสาหกรรมเหล็กญี่ปุ่น

ข้อมูลสำนักงานมีดังนี้:

#### ● South East Asia Regional Office

The Japan Iron and Steel Federation

Suite 8-1 & 8-2, Level 8, Menara CIMB, No.1, Jalan Stesen Sentral 2, 50470 Kuala Lumpur, Malaysia

โทรศัพท์: +60-3-2298-8307 โทรสาร: +60-3-2298-8201

(รูปภาพ) พิธีเปิดและต้อนรับแขกโดย คุณ Yuzo Ichikawa Executive Director ของ JISF



Conference on "Recent Technologies for Steel Structures 2014" held in Phnom Penh



Lecture delivery by General Manager Dr. Yasushi Ichikawa of Nippon Steel & Sumikin Engineering Co., Ltd.



Lecture delivery by Staff Manager Yukio Murakami, JFE Steel Corp.



Greeting by Acting President Pairojana Meethawee, Iron and Steel Institute of Thailand



Lecture delivery by Advisor Nuttapon Suttitam, Iron and Steel Institute of Thailand



Opening ceremony and greeting by Executive Director Yuzo Ichikawa of JISF at the opening ceremony

