STEEL CONSTRUCTION TODAY & TOMORROW

(No. 47 April 2016)

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

Thai Version

หนังสือ Steel Construction Today & Tomorrow เวอร์ชั่นภาษาอังกฤษ จะมีการจัดพิมพ์ปีละ 3 ครั้ง และ และมีการกระจายไปยังผู้บริหาร และบุคลากรของบริษัทในกลุ่มอุตสาหกรรม และองค์กรต่างๆ ทั่วโลก วัตถุประสงค์ของหนังสือนี้ คือการนำเสนอถึงมาตรฐานและข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องกับการโครงสร้างเหล็ก ตัวอย่างโครงการก่อสร้างยุคใหม่ เทคโนโลยีงานก่อสร้างอันทันสมัย และหัวข้ออื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานก่อสร้างอาคาร และงานวิศวกรรมโยธา

เพื่อให้ผู้อ่านชาวไทย ได้เข้าใจบทความในหนังสือนี้ได้ดียิ่งขึ้น ก็ได้มีการดำเนินการจัดเตรียมเวอร์ชั่นภาษาไทย เพื่อแนบไปกับหนังสือเวอร์ชั่นภาษาอังกฤษ ในส่วนของรูปถ่าย ภาพและตาราง จะแสดงในเวอร์ชั่นภาษาไทยเฉพาะชื่อภาพและชื่อตาราง ซึ่งควรต้องดูเวอร์ชั่นภาษาอังกฤษประกอบไปด้วยเพื่อความสมบูรณ์ชัดเจนของเนื้อหา นอกจากนี้หากต้องการอ้างอิงรายละเอียดในเชิงเทคนิค ก็โปรดอ้างอิงจากหนังสือเวอร์ชั่นภาษาอังกฤษเป็นหลัก

ฉบับที่ 47 เดือนเมษายน 2016: สารบัญ

หัวข้อพิเศษ: สมาคมเหล็กก่อสร้างแห่งประเทศญี่ปุ่น มอบรางวัลให้กับผลงานที่ประสบความสำเร็จ ในปี 2015

Nhat Tan Bridge 1
Ribbon Chapel 3
Nippon Life Marunouchi Garden Tower 4
Yomiuri Shimbun Tokyo Headquarters Building 5
การออกแบบเสริมกำลังให้กับอาคารโครงสร้างเหล็กที่ไม่สอดคล้องกับข้อกำหนดปัจจุบัน โดยใช้เสาท่อเหล็ก 6
การศึกษาถึง การนำวิธีการวิเคราะห์ที่เรียกว่า Effective Notch Stress มาป้องกันปัญหาการล้าที่ฐานแนวเชื่อม ณ ตำแหน่งที่แผ่นเหล็กติดตั้งด้วยการเชื่อมและอยู่นอกระนาบส่วนรองรับ 7

หัวข้อพิเศษ: ระบบ BIM และ CIM

การนำระบบ BIM เข้ามาใช้ในงานออกแบบสถาปัตยกรรมและงานวิศวกรรม 8
ทิศทางของการต่อยอดการใช้งานระบบ BIM ในงานก่อสร้างโครงสร้างเหล็ก 11
การประยุกต์แบบจำลองโครงสร้างสะพานสามมิติสำหรับยุทธศาสตร์งานบำรุงรักษาสะพานเหล็ก 13
โครงการการทดลองใช้งานระบบ CIM 15

บทความพิเศษ: สเตนเลส

การประยุกต์ใช้สเตนเลส กับงานโครงสร้างในประเทศญี่ปุ่น 17
JSSC Operations ปกหลัง

Page number applies to English-version No. 47 issue.

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

หัวข้อพิเศษ: สมาคมเหล็กก่อสร้างแห่งประเทศญี่ปุ่นมอบรางวัลให้กับผลงานที่ประสบความสำเร็จ ในปี 2015

(หน้า 1~2)

——รางวัลชนะเลิศของสมาคมเหล็กก่อสร้างแห่งประเทศญี่ปุ่น

สะพาน Nhat Tan Bridge

รางวัลชนะเลิศ: กิจการค้าร่วม ระหว่าง บริษัท IHI infrastructure systems และ บริษัท Sumitomo Mitsui Construction

สะพาน Nhat Tan เป็นสะพานที่ตั้งอยู่บนเส้นทางที่สร้างขึ้นใหม่ ระหว่าง สนามบินนานาชาติ Noi Bai กับ เมืองฮานอย ประเทศเวียดนาม สะพานแห่งนี้มีช่วงความยาวรวมทั้งสิ้น 1,500 เมตร เป็นสะพานขึงที่สร้างต่อเนื่องกัน 6 ช่วงสะพาน มีช่องการจราจรรวมทั้งสิ้น 8 ช่องจราจร โดยสะพานขึงประเภทต่อเนื่องนี้ ได้มีการนำมาใช้เป็นครั้งแรกในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และเป็นประเภทที่ไม่พบได้บ่อยนักสำหรับงานก่อสร้างสะพานทั่วโลก โดยภาพรวมและภาพตัดขวางของสะพานได้แสดงไว้ดังรูปที่ 1

การก่อสร้างฐานรากของตอม่อสะพานแห่งนี้ ได้มีการนำ เข็มพืดท่อเหล็ก หรือ Steel Pipe Sheet Pile (SPSP) เข้ามาใช้ โดยเข็มพืดท่อเหล็กดังกล่าว มีน้ำหนักรวมราว 14,200 ตัน น้ำหนักรวมของกล่องสลักสมอ (anchorage box) และคานเหล็ก มีค่าประมาณ 15,000 ตัน ได้มีการนำเหล็กลวดมาใช้เป็นเคเบิลยึดโยงคานสะพาน จำนวนทั้งสิ้น 220 เส้น และมีน้ำหนักรวมกันราว 1,800 ตัน

งานออกแบบทางด้านสถาปัตยกรรมและทางวิศวกรรมโครงสร้าง ดำเนินการโดย กิจการค้าร่วมระหว่าง บริษัท Cho Dai และ บริษัท Nippon Steel Engineering Consultants ภายใต้ความร่วมมือของ Transport Engineering Design Incorporated (TEDI)

งานก่อสร้าง ดำเนินการโดย กิจการค้าร่วม ระหว่าง บริษัท IHI infrastructure systems (IIS) เป็น lead firm และ บริษัท Sumitomo Mitsui Construction (SMCC)

รูปที่ 1 ภาพรวม และภาพตัดขวางของโครงสร้างหลักของสะพาน

วิธีการก่อสร้างทั่วไปที่ใช้

ช่วงหลักของสะพานที่มีความยาวรวมกว่า 1 กิโลเมตร เป็นส่วนที่สำคัญของการก่อสร้างสะพานโดยรวม เพราะถือเป็นส่วนที่กำหนดแนวการก่อสร้าง (navigation route) ส่งผลให้การทำงานใด ๆ ในแม่น้ำในช่วงของการประกอบโครงสร้างสะพาน ไม่สามารถดำเนินการได้ ด้วยแนวทางดังกล่าวนี้ จึงมีการเลือกรูปแบบของตอม่อขึงเคเบิล (pylon) ให้มีลักษณะเป็น เสากระโดงเอียง (inclined bent method) โดยการก่อสร้างโครงสร้างส่วนบนของสะพาน ใช้วิธีการก่อสร้างที่เรียกว่า balanced cantilever method หรือการก่อสร้างแบบการสร้างสมดุลคานยื่น โดยปกติแล้วส่วนของสะพานที่อยู่ใกล้กับเสาตอม่อจะนำมาติดตั้งก่อน ดังนั้นการประกอบติดตั้งด้วยวิธี cantilever สำหรับโครงสร้างส่วนบนของสะพานทั้งสะพานหลาย ๆ ช่วงไปพร้อม ๆ กันจนเป็นสะพานขึงต่อเนื่อง จึงเป็นความท้าทายที่ไม่เคยทำที่ใดในโลกมาก่อน

ภาพที่ 1 ภาพงานก่อสร้างตอม่อเอียง
ภาพที่ 2 ภาพงานก่อสร้างที่ใช้วิธี การติดตั้งคานยื่น

การก่อสร้างฐานรากโดยใช้เข็มพืดท่อเหล็ก (SPSP)

การก่อสร้างเสาตอม่อขึงเคเบิล (pylon) จำนวน 5 ต้น เพื่อรองรับโครงสร้างส่วนบนของสะพานนั้น ได้มีการนำ เข็มพืดท่อเหล็ก (SPSP) เข้ามาใช้ ซึ่งวิธีการดังกล่าวนี้ เป็นวิธีที่ได้มีการพัฒนาในประเทศญี่ปุ่น ซึ่งเป็นวิธีที่ช่วยลดระยะเวลาการก่อสร้างให้สั้นลงหากเปรียบเทียบกับวิธีการก่อสร้างที่ใช้กันปกติทั่วไป และช่วยเสริมความแข็งแรงให้กับสะพานต่อผลกระทบจากแผ่นดินไหวและชั้นดินที่อ่อนแอ เทคโนโลยีการก่อสร้างโดยใช้ เข็มพืดท่อเหล็ก (SPSP) นี้ ได้มีการเริ่มมาใช้ในประเทศกลุ่มเอเชียตะวันออกเฉียงใต้เป็นครั้งแรกกับการก่อสร้างสะพานแห่งนี้

โดยในปัจจุบันวิธีการก่อสร้างฐานรากโดยใช้เข็มพืดท่อเหล็ก (SPSP) ได้ถูกบรรจุไว้เป็นส่วนหนึ่งในมาตรฐานการก่อสร้างฐานรากของประเทศเวียดนาม (TCVN: 24)

Photo 3 การติดตั้ง เข็มพืดท่อเหล็ก (SPSP)

ขั้นตอนการวิเคราะห์และการควบคุมแนวระยะของสะพาน

- **ขั้นตอนการวิเคราะห์**

เพื่อเป็นการยืนยันถึงความสามารถในการรับน้ำหนักของโครงสร้างสะพาน ตั้งแต่ช่วงดำเนินการประกอบติดตั้ง การวิเคราะห์พฤติกรรมของโครงสร้างสะพานด้วยวิธี forward step analysis จึงได้มีการนำมาใช้ประกอบการพิจารณา โดยจากรูปที่ 2 ได้มีการทำแบบจำลองสะพานแห่งนี้ให้มีลักษณะเหมือน “ก้างปลา (fishbone model)” โดยมีส่วนที่เป็นเสมือนแกนกระดูกปลา (ก้างปลา) แทนหน้าตัดของสะพานที่ประกอบไปด้วยคานเหล็ก (steel girder) และพื้นคอนกรีตด้านบน (concrete deck slab) ซึ่งได้มีการพิจารณาผลกระทบจาก การคืบ (creep) และการหดตัว (shrinkage) ของคอนกรีต ที่น่าจะเกิดกับโครงสร้างจริง ซึ่งการทำแบบจำลองในรูปแบบนี้ มีผลดีคือ สามารถเปลี่ยนแปลงแก้ไขพฤติกรรมที่อาจเป็น composite หรือ non-composite ระหว่างพื้นคอนกรีตกับคานเหล็กได้

รูปที่ 2 แบบจำลองสำหรับการวิเคราะห์

- **การควบคุมแนวระยะของสะพาน**

ระหว่างการประกอบติดตั้งด้วยวิธี balanced cantilever method เราจำเป็นต้องมีการคาดการณ์ถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นกับระยะของสะพานในระหว่างการก่อสร้างทุก ๆ ขั้นตอน ผลการวิเคราะห์จากแบบจำลองคอมพิวเตอร์ในแต่ละขั้นแต่ละตอนในแต่ละช่วง จะเป็นค่าที่นำไปใช้อ้างอิงเป็นค่าเป้าหมาย (target value) ในระหว่างการก่อสร้างจริงต่อไป

ความคลาดเคลื่อนของการขึ้นรูป (fabrication error) ของคานเหล็ก

กล่องยึดสลักสมอสำหรับเคเบิล ก็ได้มีการนำมาพิจารณาและเป็นข้อมูลสำหรับการปรับแก้แบบจำลองสำหรับการกำหนดเป็นค่าเป้าหมาย (target value) ต่อไป

ระบบที่ได้มีการนำเข้ามาใช้ทั้งหมดนี้ ได้ถูกพัฒนาและนำไปใช้ในการประกอบติดตั้งและปรับแนวเคเบิลทุกเส้น โดยระยะการแอ่นตัวเป้าหมาย (target displacement จากการวิเคราะห์โครงสร้างในแบบจำลอง) และค่าที่ถูกปรับแก้จากการวัดความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการขึ้นรูป แสดงดังรูปที่ 3

รูปที่ 3 การเปรียบเทียบค่าเป้าหมายที่ตั้งไว้ และค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นจริงระหว่างการติดตั้งคานยื่น

งานขึ้นรูปโครงสร้างเหล็ก

งานขึ้นรูปโครงสร้างเหล็กได้มีการดำเนินการผ่านโรงงาน 3 แห่ง ดังแสดงในตารางที่ 1 กว่า 50% ของงานขึ้นรูปทั้งหมดได้มีการดำเนินการที่ บจก. IHI Infrastructure Asia (IIA) ซึ่งเป็นบริษัทลูกของ IHI corporation โดย IIA นี้ ตั้งอยู่ที่เมือง Hai Phong ประเทศเวียดนาม (ดูภาพที่ 4)

ตารางที่ 1 รายการสรุปงานขึ้นรูปโครงสร้างเหล็ก
ภาพที่ 4 งานขึ้นรูปโครงสร้างเหล็ก

เพื่อให้มั่นใจถึงคุณภาพงานโครงสร้าง วิศวกรผู้ควบคุมงานที่โรงงานขึ้นรูปในประเทศเวียดนาม ต้องผ่านการฝึกอบรมที่โรงงาน IHI Achi ที่ประเทศญี่ปุ่น รวมระยะเวลา 3-4 เดือน และในระหว่างการดำเนินการขึ้นรูปที่โรงงาน IIA ประเทศเวียดนาม ก็ได้มีการส่งวิศวกรผู้ควบคุมงานชาวญี่ปุ่นเข้ามาประจำในแต่ละช่วงของงานขึ้นรูป

นอกจากนี้ ในระหว่างการขึ้นรูป การเข้าเยี่ยมชมโรงงานและการตรวจสอบควบคุมคุณภาพ ก็ได้มีการดำเนินการอย่างต่อเนื่อง ซึ่งส่งผลต่อคุณภาพการผลิตและการขึ้นรูปที่สูงของอุตสาหกรรมในประเทศเวียดนามทั้งหมดนี้ เป็นหลักฐานเพื่อยืนยันถึงการถ่ายทอดเทคโนโลยีที่ประสบความสำเร็จอย่างยิ่งจากประเทศญี่ปุ่นไปสู่ประเทศเวียดนาม

ด้วยเหตุดังกล่าว คุณภาพของแรงงานและคุณภาพของงานที่ผลิตออกมาจากโรงงานขึ้นรูปของ IIA ก็จะมีคุณภาพระดับเดียวกับงานเหล็กที่ขึ้นรูปในประเทศญี่ปุ่น

สะพาน Nhat Tan – สถานที่ท่องเที่ยวขึ้นชื่อเสียงของฮานอย

ด้วยการนำโครงสร้างเหล็กเข้ามาใช้ในงานก่อสร้างสะพานขนาดใหญ่ที่ใช้ระยะเวลาในการประกอบติดตั้งที่สั้นลงจากแผนงานหลักถึง 4 เดือน โครงการนี้จึงเป็นเสมือนโครงการที่แสดงให้ชาวเวียดนามและคนทั่วโลกให้เห็นถึงประโยชน์ของการนำโครงสร้างเหล็กเข้ามาใช้ในการก่อสร้างสะพาน และงานก่อสร้างอื่น ๆ

สะพาน Nhat Tan ซึ่งได้มีการนำเหล็กมาใช้เป็นโครงสร้างหลัก ก็ได้ถูกยกย่องว่าเป็นสถานที่ท่องเที่ยวที่มีชื่อเสียงแห่งหนึ่งของฮานอย และถือเป็นสะพานที่สวยงามมากที่สุดแห่งหนึ่งในประเทศเวียดนามโดยเฉพาะอย่างยิ่งในเวลากลางคืน เมื่อมีการฉายแสงไฟสีต่าง ๆ ไปยังตอม่อขึงเคเบิล สะท้อนเป็นสีสันที่สวยงาม (ดังภาพที่ 5)

ภาพที่ 5 ภาพสะพาน Nhat Tan ในเวลากลางคืน

Fig. 1 General View/Cross-Section of Main Bridge

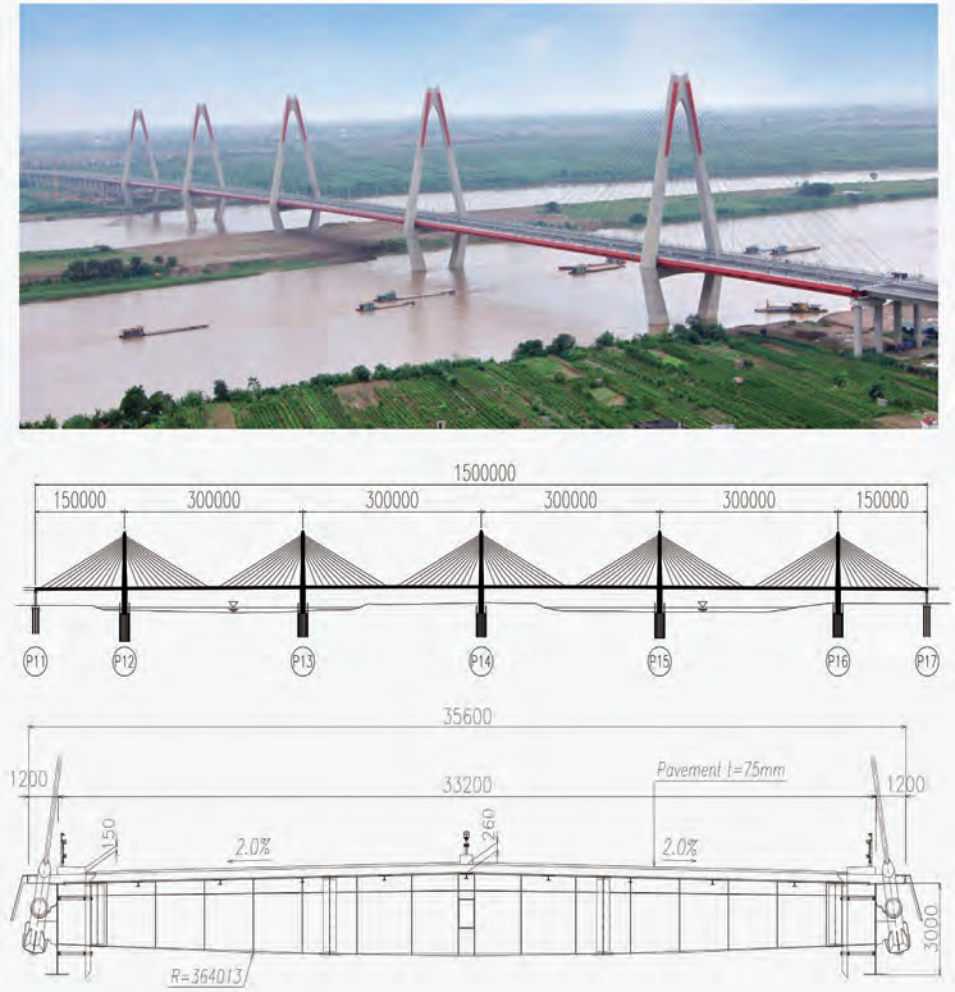


Photo 1 View of construction by inclined bent

Photo 2 View of construction by cantilever erection

Photo 3 SPSP installation

Fig. 2 Analysis Model

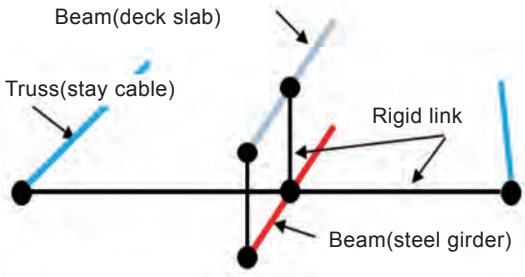


Fig. 3 Comparison of Target and Actual Girder Displacement during Cantilever Erection

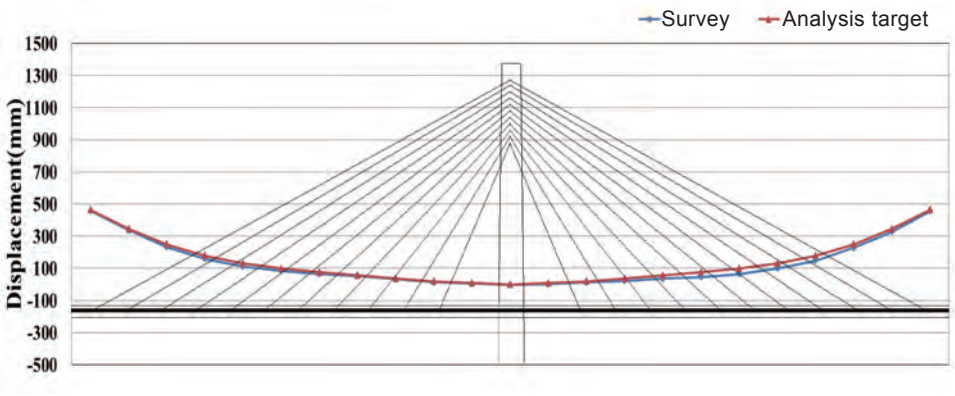


Table 1 Steel Fabrication Summary

IHI Aichi (Japan)	2,500 tons
IHI Infrastructure Asia Co., Ltd. (IIA) (Vietnam)	7,885 tons
Mitsui Thang Long Steel Construction Co., Ltd. (MTSC) (Vietnam)	4,000 tons

Photo 4 Steel fabrication works

Photo 5 Night view of Nhat Tan Bridge

(หน้า 3)

——การมอบรางวัลให้กับผลงานที่ประสบความสำเร็จ ในปี 2015

Ribbon Chapel

รางวัลชนะเลิศ: Hiroshi Nakamura (บริษัท Hiroshi Nakamura & NAP) Ikuhide Shiba (บริษัท Arup) และ Yuzo Minoda (บริษัท Nippon Steel & Sumitomo Metal Engineering)

Ribbon Chapel เป็นสถานที่จัดงานแต่งงาน ตั้งอยู่ในรีสอร์ทแห่งหนึ่งในเมืองฮิโรชิมา ประเทศญี่ปุ่น ผู้ออกแบบ Ribbon Chapel ได้รับแรงบันดาลใจจากการพริ้วไหวของริบบิ้น โดยมีบันไดโค้งวนเป็นส่วนประกอบที่ล้อมรอบผนังภายนอกโบสถ์แห่งนี้ โบสถ์แห่งนี้ก่อสร้างขึ้นด้วยโครงสร้างเหล็ก สูง 15.4 เมตร มีพื้นที่อาคารรวม 72 ตารางเมตร จุดบนสุดของโบสถ์สามารถมองทอดออกไปยังทะเลสาป Seto บันไดโค้งเริ่มที่ตำแหน่งต่าง ๆ ก่อนที่จะมาบรรจบกันที่จุดยอด ซึ่งเปรียบเสมือนเส้นทางของคนสองคนที่มาบรรจบพบรักกันในวันแต่งงาน ในส่วนของโครงสร้างอาคาร เมื่อพิจารณาจะดูเหมือนขดสปริงที่มีการบิดและยืดตัวออก ซึ่งมีรูปทรงแบบอิสระ (free form) ตามการออกแบบทางสถาปัตยกรรม

การทำโครงสร้างโค้ง 3 มิตินี้ โดยมีบันไดที่เสมือน ว่า “ลอยอยู่” (หากมองในตัวอาคาร) เป็นการแสดงถึงความสามารถในการผลิตโครงสร้างเหล็ก ซึ่งสามารถขึ้นรูปได้ด้วยงบประมาณและระยะเวลาอันจำกัด ด้วยรูปแบบโครงสร้างดังกล่าวนี้ รูปทรงของโครงสร้างจะมีการนำชิ้นส่วนจำนวนทั้งสิ้น 88 ชิ้นมาประกอบเข้าด้วยกันเป็นโครงสร้าง 3 มิติ โดยแต่ละชิ้นจะมีความคลาดเคลื่อนได้สูงที่สุด 10 มิลลิเมตร

ความท้าทายของงานก่อสร้างโบสถ์แห่งนี้ ประกอบไปด้วย:

- การสร้างอาคารให้มั่นคงแข็งแรง โดยไม่ส่งผลลบต่อรูปลักษณ์ภายนอกของอาคาร
- การสร้างให้อาคารทนทานต่อการเกิดแผ่นดินไหว และความรู้สึกของผู้ใช้อาคารต่อการสั่นไหว
- การควบคุมการเสียรูปของโครงสร้างจากผลของน้ำหนักตัวของโครงสร้างเอง

วิธีที่นำมาใช้ในการเสริมเสถียรภาพจากการสั่นไหวของโครงสร้าง คือ การยึดโครงสร้างบันไดโค้งเข้าด้วยกัน 4 จุด ณ ตำแหน่งที่บันไดโค้งมาบรรจบกัน ซึ่งเป็นการสร้างระบบค้ำยัน 3 ทิศทาง (3 dimensional bracing system) เพื่อต้านทานแรงในแนวนอน ตลอดจนเป็นการป้องกันบันไดไม่ให้บานตัวออก นอกจากนี้ยังมีการใช้เสาเหล็กกลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 100 มิลลิเมตร เพื่อรองรับแรงในแนวดิ่ง โดยเสาต้นนี้รองรับคานหลักของบันไดโค้งวงใน ในขณะที่บันไดโค้งวงนอกจะมีลักษณะยื่นออกไป (overhang) ดังรูปที่ 2

นอกจากนี้ เนื่องจาก Ribbon Chapel นี้ตั้งอยู่ในบริเวณที่เป็นโซนแผ่นดินไหว (earthquake zone) ระบบ base isolation ได้มีการนำเข้ามาใช้เพื่อลดผลกระทบจากแรงแผ่นดินไหว และเพิ่มความทนทานในการใช้งานให้กับโครงสร้างอาคารโดยรวม อันส่งผลให้รูปร่างและรูปทรงของอาคารไม่ต้องถูกดัดแปลงตามกฎเกณฑ์ทางด้านความปลอดภัย และนอกจากนี้ ด้วยมีอยู่ 3 ตำแหน่ง ของบันไดวงนอก ที่มีความถี่ธรรมชาติของโครงสร้างที่ 8 Hz ซึ่งทำให้วิศวกรเกิดความเป็นกังวลต่อความรู้สึกของผู้ใช้งานอาคารจากความสั่นไหวที่เกิดขึ้น ดังนั้นเพื่อให้เกิดความ “รู้สึกปลอดภัย” ในการใช้งาน จึงได้มีการติด ตัวหน่วงปรับมวล หรือ Tuned Mass Damper เพื่อลดผลกระทบจากการสั่นของบันได อันส่งผลต่อ “ความรู้สึกไม่ปลอดภัย” ที่อาจเกิดขึ้นได้

ความท้าทายประการต่อมาคือ การที่ต้องพิจารณาถึงการเสียรูปอันเกิดจากน้ำหนักตัวของโครงสร้างในบางตำแหน่งในขณะที่ทำการก่อสร้าง ซึ่งเราสามารถคาดการณ์ถึงขนาดของการเสียรูปเมื่อถอดค้ำยันออกภายหลังจากที่งานก่อสร้างเสร็จสิ้น โดยตัวอาคารจะเกิดการเสียรูปแบบบิตตัว ที่ 32 มิลลิเมตร ซึ่งจะส่งผลทำให้เสาที่รองรับน้ำหนักในแนวดิ่งเกิดการเอียงตัวได้

แนวทางแก้ปัญหาดังกล่าวคือ:

- เผื่อรูปร่างของโครงสร้างเหล็กให้สอดคล้องกับการเสียรูปที่คำนวณได้ เพื่อให้เวลาก่อสร้างเสร็จสมบูรณ์ ค่าต่าง ๆ จะเกิดการหักล้างกันจนอยู่ในตำแหน่งสุดท้ายที่ต้องการ

- เผื่อตำแหน่งของเสาที่รองรับส่วนของโครงสร้างในแนวดิ่ง โดยให้ติดตั้งในสภาพที่เสาเกิดการเอียง ซึ่งเป็นมุมที่เท่ากับมุมที่คำนวณว่าเสาจะเอียงจากน้ำหนักตัวโครงสร้างเมื่องานก่อสร้างเสร็จสมบูรณ์ ส่งผลให้เมื่อได้ทำการก่อสร้างเสร็จสมบูรณ์ เสาก็จะกลับมาอยู่ในแนวดิ่งตามที่ต้องการ (อ้างอิงรูปที่ 3)

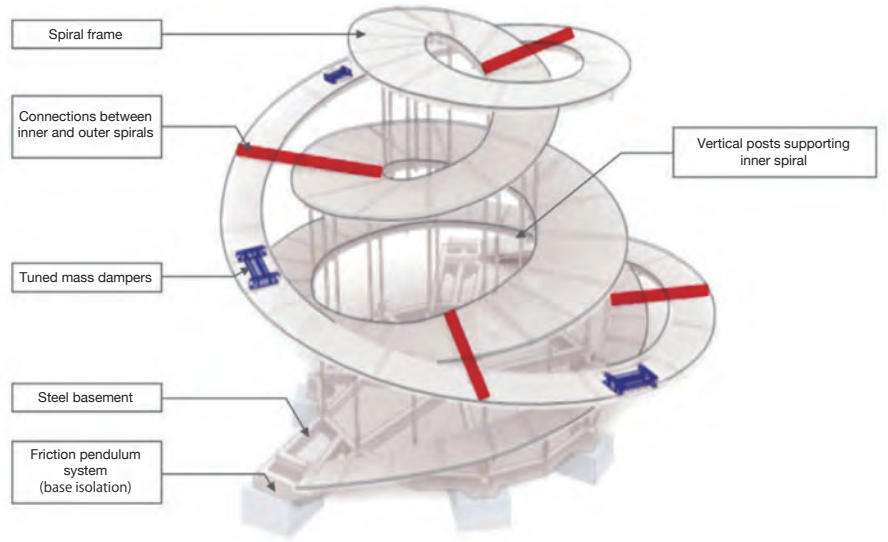
สำหรับงานก่อสร้างโครงการนี้ เราได้นำนวัตกรรมงานก่อสร้างที่จะสามารถแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ที่เราได้คาดการณ์ไว้ โดยเราเชื่อว่า โครงสร้างอาคารแห่งนี้เป็นโครงสร้างที่ไม่เหมือนโครงสร้างแห่งใดในโลก งานออกแบบยังได้รวมถึงการเลือกระบบโครงสร้างที่ทนทาน และสามารถขึ้นรูปชิ้นส่วนโครงสร้างเหล็กภายในโรงงานได้ง่าย อันก่อให้เกิดประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ทั้งความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ระยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้าง และราคาค่าก่อสร้าง โดยอาคารแห่งนี้ แม้ว่าจะเป็นอาคารที่มีขนาดเล็กแต่ก็เป็นอาคารที่โดดเด่นด้านการออกแบบ ที่เต็มไปด้วยความคิดสร้างสรรค์ โดยจะเป็นแหล่งดึงดูดนักท่องเที่ยว ด้วยเหตุที่อาคารแห่งนี้นำมาใช้เป็นโบสถ์จัดงานแต่งงาน และเป็นจุดชมวิวได้อีกด้วย

รูปที่ 1 แบบจำลองแนวคิดระบบโครงสร้าง
รูปที่ 2 องค์ประกอบของโครงสร้างอาคาร
รูปที่ 3 การเผื่อตำแหน่งติดตั้งเสาเพื่อให้เสาวางตัวในแนวดิ่งเมื่อก่อสร้างเสร็จ

ภาพ
Ribbon Chapel
The chapel spirals up a cliff overlooking the sea

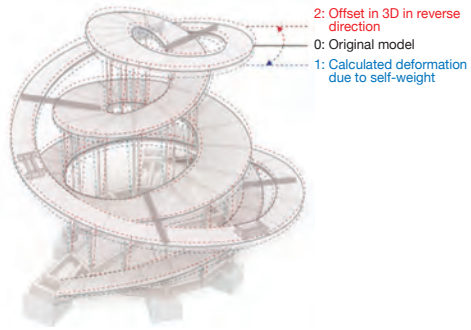
Fig. 1 Structural Concept Model

Fig. 2 Structural Components of Ribbon Chapel



The chapel spirals up a cliff overlooking the sea

Fig. 3 3D Concave Offset to Absorb the Vertical Support Post Movement



Ribbon Chapel

—รางวัลผลงานอันโดดเด่น

Nippon Life Marunouchi Garden Tower

ผู้ชนะเลิศ: Satoru Nagase, Isao Kanayama และ Yasuo Kagami (บริษัท Nikkken Sekkei); and Toru Takahashi และ Yoshiyuki Tanaka (บริษัท Obayashi Corporation)

อาคาร Nippon Life Marunouchi Garden Tower เป็นอาคารสำนักงานสูง 115 เมตรตั้งอยู่ใกล้พระราชวังอิมพีเรียลใจกลางกรุงโตเกียว อาคารแห่งนี้มีความสวยงามของเปลือกอาคารซึ่งเป็นทั้งส่วนโครงสร้างและสถาปัตยกรรมไปพร้อมพร้อมกัน และนอกจากนั้นยังได้มีการนำเทคโนโลยีที่เป็นอุปกรณ์ป้องกันแสงแดดเข้ามาใช้เพื่อลดปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทเข้าสู่ตัวอาคาร หรืออาจกล่าว ได้ว่า อาคารแห่งนี้ได้มีการผสมผสานหลักการทางวิศวกรรมทางสถาปัตยกรรมและยังคำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมไปพร้อมพร้อมกัน

ข้อกำหนดงานโครงสร้าง

- เป็นอาคารที่ไม่มีเสาอยู่ภายในให้ทัศนวิสัยที่ดีเยี่ยม
- เปลือกอาคารที่มีความสวยงาม
- ต้านทานแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ได้
- มีการออกแบบเพื่อความยั่งยืนและต้องได้ LEED Gold certificate

แนวทาง

- เป็นโครงสร้างที่ผสมผสานกันระหว่างแกนของอาคาร และโครงเหล็กรอบนอก
- ใช้คานเหล็กยาว 27.5 เมตรเชื่อมต่อกันระหว่างแกนของอาคารและโครงเหล็กรอบนอก
- ใช้เสาเหล็กรอบนอกอาคาร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของเปลือกอาคาร
- ออกแบบให้เป็นระบบโครงสร้างต้านทานแผ่นดินไหว
- ออกแบบโครงสร้างเหล็กต้านทานอัคคีภัยด้วยวิธีการ performance based design
- ใช้เหล็กรีไซเคิลเพื่อ sustainability design

ระบบโครงสร้าง

- **ใช้ระบบโครงสร้าง composite เพื่อรับน้ำหนักในแนวดิ่ง**

น้ำหนักในแนวดิ่งในบริเวณพื้นที่สำนักงานที่มีขนาด 64.8 เมตร x 27.5 เมตรจะถูกรองรับโดยคานเหล็กที่มีความยาว 27.5 เมตร ซึ่งเชื่อมต่อระหว่างแกนอาคารและโครงเหล็กที่อยู่ภายนอก มีการนำท่อเหล็กรูปพรรณกลวงรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสและวงกลมเข้ามาใช้เป็นเสา โดยมีการกรอกคอนกรีตกำลังสูง เกรด Fc60 และ Fc80 ลงในท่อ

- **ออกแบบระบบรับแรงด้านข้างเพื่อการควบคุมการสั่นไหว**

- อุปกรณ์ดูดซับพลังงานที่แกนของอาคาร

มีการนำระบบที่ผสมผสานกันระหว่าง ตัวหน่วงแบบผนัง (wall type damper) และอุปกรณ์สลายพลังงาน ที่เป็นตัวค้ำยันที่เรียกว่า Buckland restraint brace เข้ามาติดตั้งที่แกนของอาคารเพื่อลดผลตอบสนองอันเนื่องมาจากแรงลมและแรงแผ่นดินไหว

- อุปกรณ์พวกคุมความเสียหายอันเนื่องมาจากแผ่นดินไหวที่รอบนอกของอาคาร

ตัวหน่วงติดที่เสา Column type damper ซึ่งมีการนำเหล็กแรงดึงต่ำเข้ามาใช้ประกอบเพื่อควบคุมความเสียหายอันเนื่องมาจากแผ่นดินไหวที่โครงเหล็กรอบอาคาร ซึ่งเป็นระบบที่ได้มีการนำตัวหน่วงที่ติดเสาและระบบเสาคู่เพื่อใช้ในการรับแรงในแนวดิ่ง จะนำมาติดตั้งสลับสับหว่างกันและต่อเข้ากับขานรับรอบอาคารเพื่อใช้เป็นโครงข้อแข็งรับโมเมนต์

การเลือกชนิดของวัสดุโครงสร้าง

- **เหล็กโครงสร้าง**

ความเค้นที่จุดคราก ของเหล็กโครงสร้างที่ใช้สำหรับทำเป็นเสาและคานมีค่า 325 385 และ 440 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร โดยเลือกใช้แตกต่างกันไปตามแรงที่คำนวณได้จากการออกแบบและตำแหน่งการนำไปใช้งาน ในส่วนของเหล็กแผ่นที่ใช้สำหรับทำเป็น BRB และ ตัวหน่วงติดเสา จะเป็นเหล็กแรงดึงต่ำโดยมีความเค้นที่จุดครากที่ 225 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร

- **คอนกรีตสำหรับเสาและคานคอมโพสิท**

ใช้คอนกรีตกำลังสูงโดยมีค่ากำลังรับแรงอัด ที่ 60 และ 80 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร สำหรับเสาคอมโพสิทและคานเหล็กที่ยาวถึง 27.5 เมตร เพื่อรับแรงในแนวดิ่ง

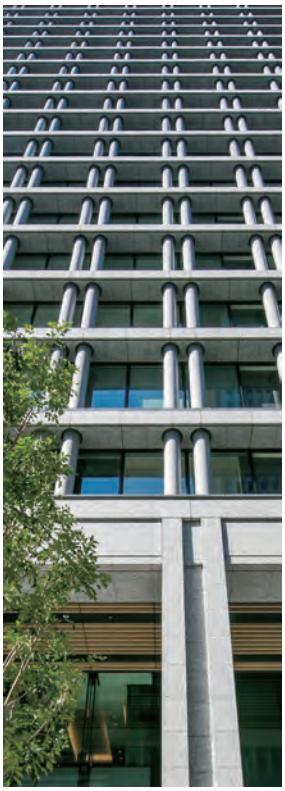
- **มีการนำเหล็กรีไซเคิลเข้ามาใช้**

เหล็กที่ผ่านกระบวนการรีไซเคิลซึ่งมีหน่วยแรงดึงที่จุดครากที่ 235 และ 325 นิวตันต่อตารางเมตรได้ถูกนำเข้ามาใช้สำหรับการทำเป็นคานเหล็ก เจอกันพิจารณาขอการรับรอง LEED Certification

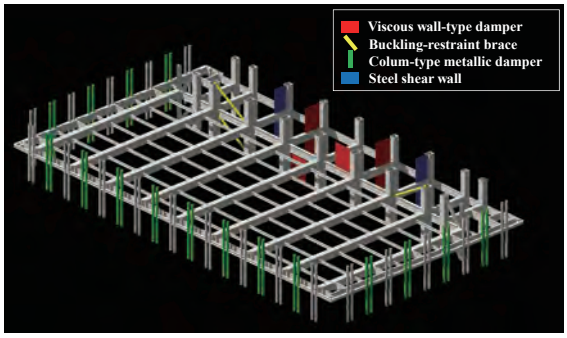
การขึ้นรูปโครงสร้างเหล็กและการประกอบติดตั้งที่หน้างาน

ได้มีการทำการขึ้นรูปโครงสร้างเหล็กในโรงงานสำหรับการประกอบติดตั้งที่หน้างานเพื่อความเที่ยงตรงและแม่นยำในงานก่อสร้างซึ่งช่วยให้คุณภาพของงานออกแบบทั้งงานออกแบบเชิงสถาปัตยกรรมวิศวกรรมหรือสิ่งแวดล้อมได้ถูกผนวกรวมกันเป็นหนึ่งเดียว

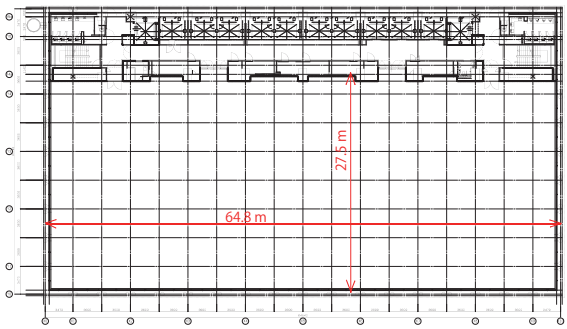
Building appearance



Perimeter column



Main structure CG



Typical office floor plan

(หน้า 5)

—รางวัลผลงานอันโดดเด่น

Yomiuri Shimbun Tokyo Headquarters Building
รางวัลชนะเลิศ: Yuichi Koitabashi, Seiya Kimura และ Yasuo Kagami (บริษัท Nikken Sekkei และ บริษัท Shimizu Corporation)

ในการเตรียมงานก่อสร้างอาคาร Youmiuri Shimbun Tokyo Headquarters Building แนวคิดเทคโนโลยีสมัยใหม่ รวมถึงอุปกรณ์ต่างๆ ได้ถูกนำมาใช้ ตั้งแต่ขั้นตอนของการออกแบบไปจนถึงการก่อสร้าง แนวคิดต่างๆ เหล่านี้ได้ส่งผลให้งานออกแบบทางสถาปัตยกรรมได้มีส่วนร่วมต่อต่อพัฒนาการของงานโครงสร้างเหล็กต่อไป

- **การออกแบบเพื่อการต้านทานแรงแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ – การออกแบบเพื่อให้โครงสร้างหลักของอาคารยังคงอยู่ในภาพอิลาสติก เพื่อให้สามารถใช้เป็นศูนย์บัญชาการในช่วงของการเกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่**

ผลิตภัณฑ์เหล็กกำลังสูง (เกรด SA440C และ TMCP385B) ได้ถูกนำมาใช้เป็นเสาและคาน โดยยังมีระบบควบคุมการสั่นไหวเพื่อการดูดซับพลังงานสำหรับอาคารในบางชั้น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการสลายพลังงานที่ถ่ายเข้าสู่ตัวอาคารจากการเกิดแผ่นดินไหว ที่มีประสิทธิภาพมากกว่าระบบควบคุมการสั่นไหวของอาคารสูงทั่ว ๆ ไป

- **แผนการลดภัยพิบัติจากอาฟเตอร์ช๊อคที่เกิดขึ้นภายหลังจากแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ หรือ แผ่นดินไหวที่มีคาบการสั่นยาว**

ตัวหน่วงแบบ active mass damper (AMD) ได้ถูกนำมาติดตั้งที่ชั้นดาดฟ้า ซึ่งสามารถรองรับการสั่นไหวของพื้นได้ในระดับ 2 – 200 gal (1 gal = 0.01 m/s^2) โดยมีจุดประสงค์ที่นอกจากจะช่วยลดการสั่นไหวของตัวอาคารอันเนื่องมาจากแรงลมแล้ว ยังช่วยลดการสั่นไหวจากผลของอาฟเตอร์ช๊อคที่เกิดขึ้นภายหลังจากการเกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ด้วย

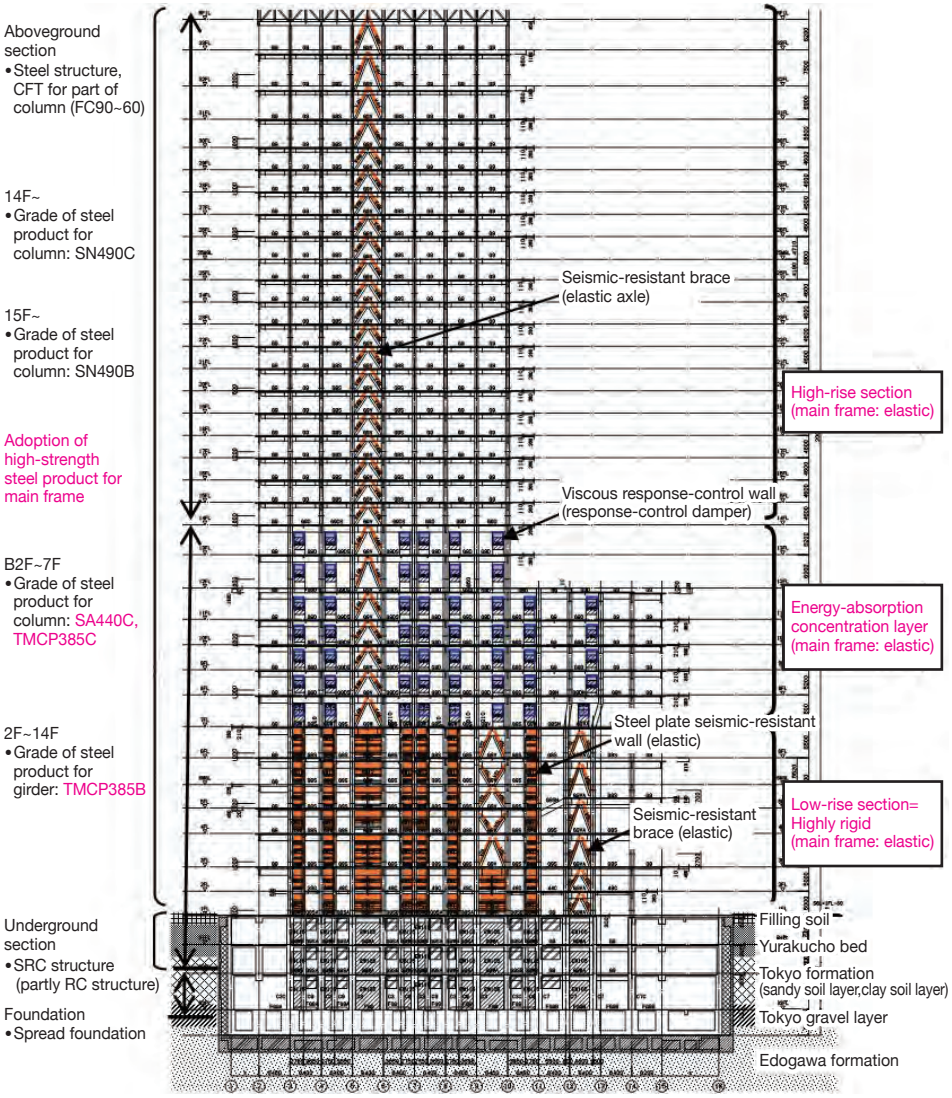
- **มาตรการที่ช่วยป้องกันการพังถล่มของตัวอาคารในกรณีที่เกิดแผ่นดินไหวขนาดมหึมาที่ไม่เคยเกิดขึ้นในอดีตมาก่อน**

มาตรการต่าง ๆ ที่ได้นำมาใช้ ยกตัวอย่างเช่น การพัฒนาและการประยุกต์ใช้ การทำรายละเอียดเสริมกำลังที่ปลายคานเพื่อป้องกันการเกิดการโก่งเดาะเฉพาะจุดบริเวณเอวของคาน ซึ่งเป็นรูปแบบที่สามารถยืดตัวได้มากในระดับพลาสติก ตลอดจนการทดสอบรูปแบบการเชื่อมประเภทต่าง ๆ สำหรับข้อต่อระหว่างคานกับเสาที่ผลิตจากเหล็กกำลังสูง การทดสอบต่าง ๆ นี้ได้รับการออกแบบเพื่อให้สามารถให้คำตอบถึงรูปแบบการเชื่อมที่สามารถให้กำลังรับแรงกระแทกได้สูงที่สุด เพื่อใช้สำหรับการขึ้นรูปในโรงงานและการประกอบติดตั้ง

- **มาตรการเพื่อยืดอายุการใช้งานของอาคารและการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม**

ตัวอย่างมาตรการที่กล่าวถึง เช่น การตรวจวัดประสิทธิภาพของระบบควบคุมการสั่นไหว และองค์อาคารที่รับแรงแผ่นดินไหว โดยการตรวจวัดการสั่นไหวหรือความเร่งของพื้นอาคารตลอดจนระยะการเสียรูปของพื้นอาคาร การนำระบบโครงถักที่มีสายเคเบิลเพื่อรองรับผนังกระจกแผ่นคู่ที่ลดการถ่ายเทพลังงาน เพื่อช่วยให้เกิดความโล่งโปร่งโดยยังสามารถลดพลังงานที่ถ่ายเทเข้าสู่ตัวอาคารบริเวณโถงอาคาร และการใช้โครงสร้างอาคารเก่าบางส่วนเพื่อเป็นผนังป้องกันดินให้กับอาคารใหม่ อันเป็นการลดปริมาณของเสียที่อาจเกิดขึ้นจากงานก่อสร้างใหม่ รวมถึงปริมาณดินขุดที่เพิ่มขึ้น ตลอดจนการสูญเสียวัสดุที่นำมาใช้เป็นโครงสร้างเหล็กสำหรับงานชั่วคราวอีกด้วย

Structural Outline



Full view

Spacious atrium façade

(หน้า 6)

การออกแบบเสริมกำลังให้กับอาคารโครงสร้างเหล็กที่ไม่สอดคล้องกับข้อกำหนดปัจจุบัน โดยใช้เสาท่อเหล็ก

รางวัลชนะเลิศ: Yuji Koetaka (มหาวิทยาลัย Kyoto) และ Tatsuya Nakano (มหาวิทยาลัย Utsunomiya)

สืบเนื่องจากการปรับปรุงกฎเกณฑ์มาตรฐานการออกแบบอาคารของประเทศญี่ปุ่นในปี ค.ศ. 2007 รายละเอียดจากผลงานวิจัยใหม่ ๆ ได้ถูกเพิ่มเติมขึ้นมา โดยที่ได้มีการกำหนด “ตัวคูณเพิ่มค่าสำหรับเสาอาคาร” หรือ column overdesign factor ให้มีค่าอย่างน้อย 1.5 สำหรับอาคารโครงสร้างเหล็ก ที่มีการใช้เสาที่ก่อสร้างด้วย ท่อเหล็กสี่เหลี่ยมจัตุรัสขึ้นรูปเย็น (cold-formed square steel tube) โดยผลการศึกษาในปัจจุบันได้มุ่งเป้าไปที่ เสาของอาคารที่ก่อสร้างมาก่อนหน้าที่ข้อกำหนดฉบับใหม่นี้จะมีผลบังคับใช้ ที่มีการนำท่อเหล็กสี่เหลี่ยมจัตุรัสเกรด STKR เข้ามาใช้เป็นเสาอาคาร

ผลการศึกษาวิจัยโครงการนี้ ได้บทสรุปออกมาเป็น 3 หัวข้อ ซึ่งได้พิจารณาถึงสมการที่ใช้สำหรับการคำนวณ พลาสติกโมเมนต์ของเสาอาคารหลังจากที่ได้มีการเสริมกำลังเป็นที่เรียบร้อย โดยรูปแบบการเสริมกำลังมีการศึกษาทั้งสิ้น 4 รูปแบบ ดังแสดงในรูปที่ 1 ในการศึกษาวิจัยนั้นได้มีการทดสอบในห้องปฏิบัติการเพื่อยืนยันถึง พฤติกรรมของเหล็กที่เป็น Elasto-plastic กำลังรับแรงดึงของเหล็ก และการเสียรูปแบบพลาสติกของเหล็ก นอกจากนี้การมีการตรวจสอบความถูกต้องของสมการที่นำมาใช้ว่าเหมาะสมหรือไม่เพียงใด โดยอ้างอิงจากผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการ ซึ่งได้ผลการทดสอบที่สามารถอธิบายได้อย่างชัดเจนถึงพฤติกรรมในช่วงที่เสาเกิด พลาสติกโมเมนต์อย่างสมบูรณ์

หัวข้อแรกที่ได้นำเสนอ เกี่ยวข้องกับวิธีการเสริมกำลังที่มีการนำแผ่นเหล็ก หรือเหล็กฉากเข้ามาแปะที่ผิวนอกของเสาเหล็ก โดยได้มีการสำรวจถึงผลกระทบจากการเสริมกำลัง ตามขนาดของแผ่นเหล็กหรือเหล็กฉากขนาดที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ความยาวของแผ่นเหล็กหรือเหล็กฉาก (ความสูง) ตลอดจนลักษณะหรือเงื่อนไขของงานเชื่อมก็ได้มีการพิจารณาร่วมด้วย โดยหากได้พิจารณานำเหล็กฉากเข้ามาใช้ในการเสริมกำลัง ก็จะนำมาเสริมกำลังให้กับเสาท่อเหล็กทั้งสี่มุมของเสา แต่หากนำแผ่นเหล็กมาเสริมกำลัง ก็อาจพิจารณาถึงด้านเสาที่จะเสริมกำลังได้ตามความเหมาะสมต่อไป

หัวข้อที่สอง คือการเสริมกำลังที่ได้มีการนำแผ่นเหล็กและลวดเหล็กรับแรงดึง (PC bar) เข้ามาใช้ร่วมกัน ผลการทดสอบพบว่าจะมีการเกิดการยืดออกจนถึงระดับพลาสติก (plasticization) ของแผ่นเหล็ก ณ ตำแหน่งระหว่าง จุดที่ลวด PC bar มาต่อกับแผ่นเหล็ก และจุดที่แผ่นเสริมกำลัง (stiffener) มาต่อกับแผ่นเหล็ก โดยได้มีการนำเสนอวิธีในการคำนวณหากำลังรับน้ำหนักของการเสริมกำลัง ที่เพียงพอต่อการป้องกันการเกิด plasticization ณ ตำแหน่งดังกล่าว

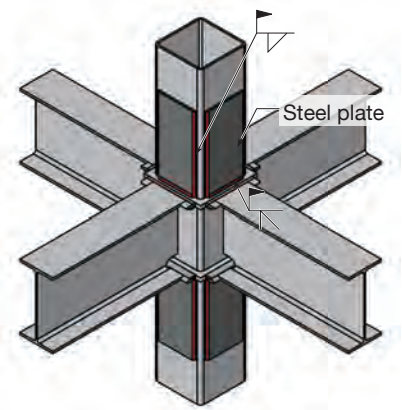
หัวข้อที่สาม คือการเสริมกำลังด้วยการใช้แผ่นเหล็กมารัด (wrap) รอบเสา วิธีการเสริมกำลังสามารถทำได้โดยการใช้ติดตั้ง “ปุ่มรับแรงเฉือน (shear cotter)” เข้ากับหน้าเสาท่อสี่เหลี่ยมจัตุรัส โดยมีการศึกษาถึงขนาด และจำนวนที่ต้องติดตั้ง แล้วนำแผ่นเหล็กที่ขนาดใหญ่กว่าเสามาติดตั้งโดยรอบ จากนั้นจึงเทซีเมนต์มอร์ต้าร์ลงไปเติมในช่องว่างระหว่างหน้าเสากับแผ่นเหล็กที่ทำหน้าที่เป็นเสมือนแบบหล่อที่อยู่โดยรอบ เพื่อศึกษาถึงพฤติกรรมการเกิดพลาสติกโมเมนต์อย่างสมบูรณ์ภายหลังจากการเสริมกำลังต่อไป

ทั้งนี้ วิธีการเสริมกำลังแบบที่มีการนำแผ่นเหล็กและลวดเหล็กรับแรงดึง (PC bar) เข้ามาใช้ร่วมกัน และการเสริมกำลังด้วยการใช้แผ่นเหล็กมารัด (wrap) รอบเสา สามารถดำเนินการได้โดยไม่ต้องสกัดพื้นออก

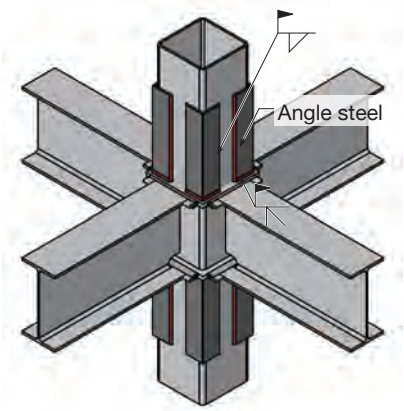
การศึกษาในหัวข้อนี้ เป็นการดำเนินการเพื่อเติมเต็มช่องว่างที่เกิดขึ้นจากการแก้ไขกฎเกณฑ์มาตรฐานในการออกแบบ โดยกระทรวงที่ดิน โครงข่ายสาธารณูปโภค การขนส่งและการท่องเที่ยว หรือ Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism (MLIT) ซึ่งทางคณะผู้วิจัยต้องขอแสดงความขอบคุณผู้ที่เกี่ยวข้องมา ณ โอกาสนี้

รูปที่ 1 วิธีการเสริมกำลังให้กับเสาท่อเหลี่ยม
(a) การเสริมกำลัง โดยใช้เหล็กแผ่น
(b) การเสริมกำลัง โดยใช้เหล็กฉาก
(c) การเสริมกำลัง โดยใช้เหล็กแผ่น และลวดเหล็กรับแรงดึง
(d) การเสริมกำลัง โดยใช้การรัดรอบ

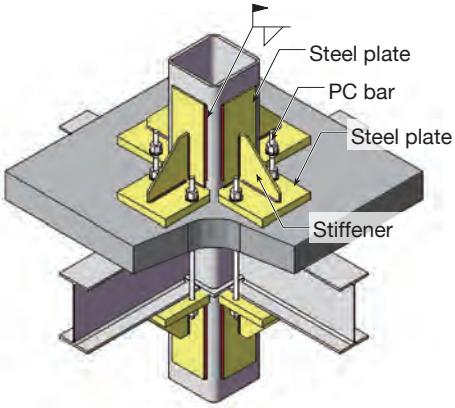
Fig. 1 Methods of Reinforcement of STKR Column



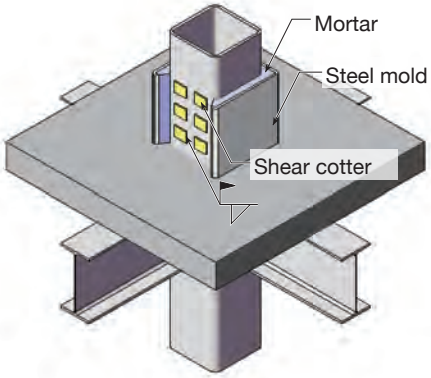
(a) Reinforcement by steel plates



(b) Reinforcement by angle steels



(c) Reinforcement by steel plates and PC bars



(d) Reinforcement by wrapping

การศึกษาถึง การนำวิธีการวิเคราะห์ที่เรียกว่า Effective Notch Stress มาป้องกันปัญหาการล้าที่ฐานแนวเชื่อม ณ ตำแหน่งที่แผ่นเหล็กติดตั้งด้วยการเชื่อมและอยู่นอกระนาบส่วนรองรับ

ผู้ชนะเลิศ: Takeshi Mori (มหาวิทยาลัย Hosei) Toshimitsu Suzuki, Tohru Oomae, Takahiro Murakami และ Junichi Ikoshi (สมาคมสะพานเหล็กแห่งประเทศญี่ปุ่น)

ที่ผ่านมา ได้มีการสำรวจพบความเสียหาย ที่ตำแหน่งรอยเชื่อมระหว่างแผ่นเหล็กติดตั้งด้วยการเชื่อมและอยู่นอกระนาบส่วนรองรับ ซึ่งมักเป็นส่วนที่คานหลัก (main girder) กับคานขวาง (cross beam) ของสะพานประเภท plate girder โดยเป็น ความเสียหายจากการล้า (fatigue failure) ที่เกิด ณ ขอบแนวเชื่อม (weld toe) ซึ่งเป็นจุดที่มีความเค้นรวมศูนย์ (stress concentration) ค่อนข้างสูง อย่างไรก็ดี หากมีการขัด (grind) ขอบแนวรอยเชื่อมของแผ่นเหล็กกับ plate girder ให้เรียบเนียนแล้ว การเกิดความเสียหายจากการล้าก็จะลดน้อยลง แต่อย่างไรก็ดี ก็มีการพบปัญหาว่าจุดเชื่อมเกิดการวิบัติจากการล้าที่ฐานแนวเชื่อม (weld root) ด้วยเช่นกัน

ในปัจจุบัน ในการที่จะพัฒนารูปแบบเพื่อการป้องกันปัญหาการล้าที่ฐานรอยเชื่อม ณ ตำแหน่งที่แผ่น gusset plate ซึ่งอยู่นอกระนาบส่วนรองรับมาต่อเข้ากับเป็นส่วนที่คานหลัก (main girder) โดยที่มีการขัด (grind) ขอบแนวรอยเชื่อมราว 5 มิลลิเมตร นั้น มีความจำเป็นที่จะต้องทำการทดสอบการล้าในห้องปฏิบัติการ และ การทำแบบจำลอง finite element บนคอมพิวเตอร์ นอกจากนี้ การวิเคราะห์ตัวแปร finite element ก็ยังได้มีการดำเนินการ โดยแปรเปลี่ยนความหนาของแผ่นเหล็กที่รองรับ (เช่นที่ plate girder) และแผ่นเหล็กที่นำมาติดตั้งเข้าด้วยกัน

การทดสอบการล้าในห้องปฏิบัติการนั้น ได้มีการทำตัวอย่างจำนวน 5 ประเภท ตามลักษณะการขัด (grind) ขอบแนวรอยเชื่อม ตามระยะการซึมลึกของรอยเชื่อม (weld penetration depth) และตามขนาดของขาแนวเชื่อม (weld leg) โดยในการวิเคราะห์ตัวอย่างทั้ง 5 ตัวอย่าง ได้มีการพิจารณาความเค้นรวมศูนย์ (stress concentration) ณ ตำแหน่งปลายของฐานแนวเชื่อม (weld root tip) และตำแหน่งของขอบแนวเชื่อม (weld toe) โดยใช้วิธีการที่เรียกว่า Effective Notch Stress ซึ่งเป็นวิธีการที่ได้พิจารณาถึงผลกระทบอันเนื่องมาจากรูปร่าง ณ ตำแหน่งปลายของฐานแนวเชื่อม ผลการวิเคราะห์ได้ยืนยันว่า การคำนวณด้วยวิธี Effective Notch Stress นี้มีประสิทธิภาพ สามารถอธิบายถึงจุดเริ่มของการเกิดการล้าได้

ผลการศึกษาวิจัยโครงการ สามารถยืนยันถึงความเหมาะสมของรายละเอียดงานเชื่อมที่แสดงไว้ใน แนวทางการป้องกันปัญหาการวิบัติอันเนื่องมาจากการล้าที่ฐานรอยเชื่อม ที่จัดทำขึ้นโดยสมาคมเหล็กก่อสร้างแห่งประเทศญี่ปุ่น (Japanese Society of Steel Construction) โดยระบุไว้ว่า “ระยะการซึมลึกของแนวรอยเชื่อมที่แผ่นเหล็ก (gusset plate) ควรมีค่าอย่างน้อยสองเท่าเมื่อเทียบกับระยะการซึมลึกของแนวรอยเชื่อมที่แผ่นเหล็กที่มารองรับ (ที่เป็นส่วนของ main girder)” และผลการวิเคราะห์ความเค้นแสดงให้เห็นว่า ความเค้น ณ ตำแหน่งฐานแนวเชื่อม มีค่าประมาณ 70% ของความเค้นที่ขอบแนวเชื่อม

Fig. 1 Configuration and Dimension of Test Specimen

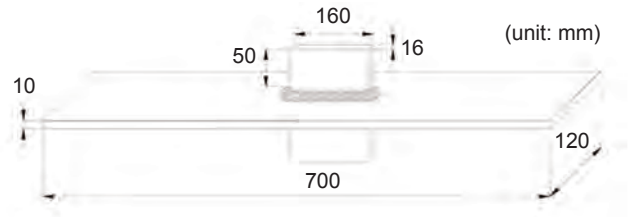


Fig. 2 Fatigue Failure Surface with Beach Mark

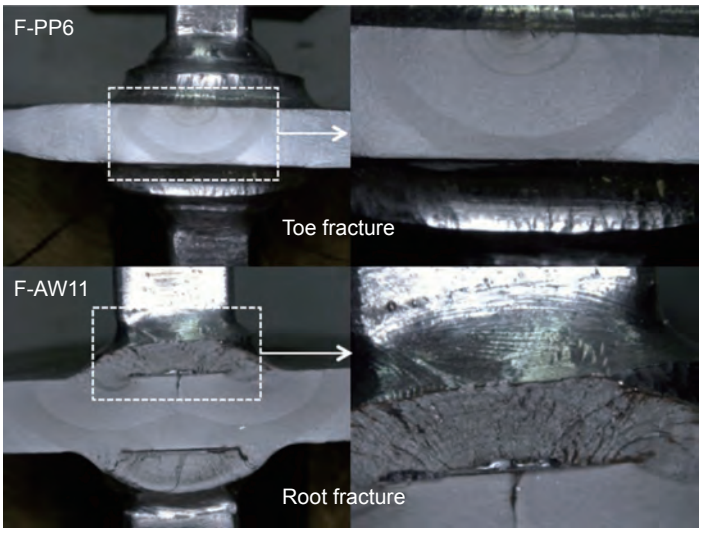
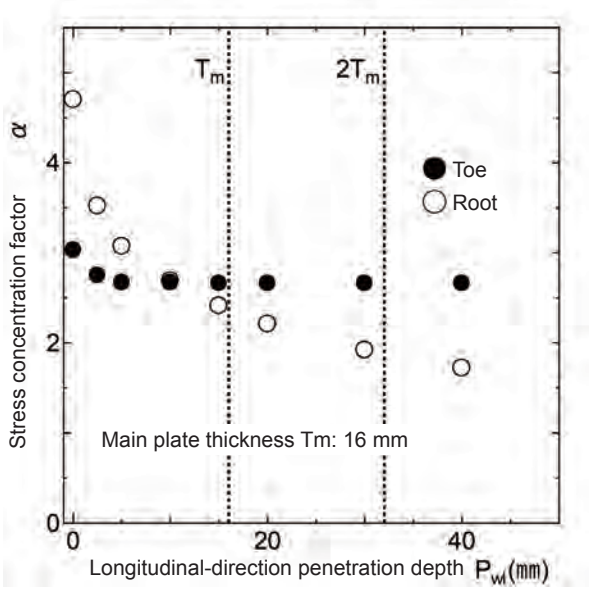


Fig. 3 Relation between Stress Concentration Factor and Weld Penetration Depth



(หน้า 8)

ด้วยประเทศญี่ปุ่นเป็นประเทศที่มีมีอัตราการเกิดใหม่ลดน้อยลง จนในปัจจุบันได้เข้าสู่การเป็นสังคมผู้สูงอายุ ซึ่งทุกภาคส่วนมีความจำเป็นจำต้องปรับตัว ดังเช่นอุตสาหกรรมการก่อสร้าง ที่ต้องตระหนักถึงปัญหาดังกล่าวซึ่งส่งผลต่อจำนวนบุคลากรวัยทำงานในภาคอุตสาหกรรม ตั้งแต่งานออกแบบ งานก่อสร้าง และงานบูรณะบำรุง ที่ลดน้อยลง จึงมีความจำเป็นที่จำต้องมีการบริหารจัดการให้เกิดประสิทธิภาพมากขึ้น หัวใจของการจัดการให้เกิดประสิทธิภาพในภาคอุตสาหกรรมก่อสร้าง จึงมุ่งสู่การนำระบบ ข้อมูลแบบจำลองอาคาร หรือ BIM (Building Information Modeling) และระบบข้อมูลแบบจำลองการก่อสร้าง หรือ CIM (Construction Information Modeling) เข้ามาประยุกต์ใช้ ระบบ BIM ได้มีการนำเข้ามาใช้กับหลากหลายโครงการมานานพอสมควร ในขณะที่ระบบ CIM (ซึ่งเน้นงานก่อสร้างระบบสาธารณูปโภค) ได้เริ่มนำมาทดลองใช้ในปี 2012

ด้วยเหตุผลดังกล่าว นิตยสาร Steel Construction Today and Tomorrow ฉบับที่ 47 นี้ ก็ได้มีการนำเสนอถึงการนำระบบ BIM และ CIM เข้ามาใช้ ซึ่งจะต้องสามารถใช้งานได้ครอบคลุมกิจกรรมดังต่อไปนี้

- การนำระบบ BIM เข้ามาใช้ในงานออกแบบสถาปัตยกรรมและงานวิศวกรรม
- การนำระบบ BIM เข้ามาเพิ่มศักยภาพในงานโครงสร้างเหล็ก
- การนำแบบจำลองสามมิติเข้ามาใช้เพื่อการบูรณะบำรุงสะพานเหล็ก
- การทดลองนำระบบ CIM เข้ามาใช้ในงานสะพาน

(หน้า 8~10)
หัวข้อพิเศษ: ระบบ BIM และ CIM – แบบจำลองข้อมูลอาคาร (1)

การนำระบบ BIM เข้ามาใช้ในงานออกแบบสถาปัตยกรรมและงานวิศวกรรม

โดย Tomohiko Tamanishi (บริษัท Nippon Sekkei)

จากการเพิ่มประสิทธิผลสู่การเพิ่มคุณภาพงานออกแบบ

แต่เดิม ระบบ BIM ถือเป็น “เครื่องมือ (tool) ที่นำมาใช้เพื่อนำไปเพิ่มประสิทธิผล (productivity) ของงานก่อสร้าง” ซึ่งได้มีการพัฒนาจากอิทธิพลของกระบวนการออกแบบและการผลิตในอุตสาหกรรมยานยนต์และอากาศยาน โดยในส่วนของอุตสาหกรรมก่อสร้างอาคาร ระบบ BIM ได้ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อการเพิ่มประสิทธิผลของงานก่อสร้าง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การนำหลักการในการลดกระบวนการทำซ้ำซ้อนในงานก่อสร้างในขั้นตอนของการเตรียมงาน การออกแบบ การนำแบบจำลองสามมิติบนคอมพิวเตอร์เข้ามาใช้ทดแทนการทำงานบนแบบแปลนสองมิติตามวิธีการปกติทั่วไป

ด้วยเหตุที่ BIM ได้ถูกพัฒนาตามหลักการดังกล่าวมาอย่างต่อเนื่อง ประโยชน์ที่ได้รับจากการนำ BIM เข้ามาใช้ในงานก่อสร้างอาคาร ก็ปรากฏชัดเจนขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการลดการทำงานที่ซ้ำซ้อนในช่วงระหว่างขั้นตอนของการออกแบบอันเนื่องมาจากสาเหตุหลากหลายปัจจัย เช่น ความไม่เข้าใจกัน ระหว่างผู้ว่าจ้างและผู้ออกแบบ ทั้งในมิติของสมรรถนะของการใช้งานอาคาร และงบประมาณค่าก่อสร้างที่เพิ่มสูงขึ้นตลอดจนการไม่เชื่อมโยงกันระหว่าง งานสถาปัตยกรรม งานโครงสร้าง และงานระบบอุปกรณ์ต่าง ๆ

และเพื่อเป็นการลดปัญหาต่อเนื่องจากปัจจัยต่าง ๆ ที่กล่าวถึงนี้ BIM ได้เข้ามามีส่วนสำคัญที่สามารถช่วยให้เกิดความชัดเจนระหว่าง ผู้ว่าจ้างและผู้ออกแบบ ผ่านการแสดงผลแบบเสมือนจริง การปรับเปลี่ยนรายละเอียดสามารถประมวลผลแสดงต้นทุนที่เปลี่ยนแปลงไปในทันที ซึ่งเป็นที่ชัดเจนแล้วว่า BIM เป็น เครื่องมือ (tool) ที่สามารถเพิ่มคุณภาพของงานออกแบบได้

ด้วยเหตุดังกล่าว บริษัท Nippon Sekkei ได้เล็งเห็นว่า BIM ถือเป็นกุญแจสำคัญ “ที่สามารถเพิ่มคุณภาพของงานออกแบบโครงสร้าง” และถือเป็นเครื่องมือที่ช่วยประชาสัมพันธ์ว่าบริษัทฯ ได้มีการนำ BIM เข้ามาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ (อ้างอิง ภาพที่ 1 และ รูปที่ 1: Lazona Kawasaki Toshiba Building)

ภาพที่ 1 Lazona Kawasaki Toshiba Building
รูปที่ 1 การบูรณาการระบบ BIM ในขั้นตอนของการออกแบบเบื้องต้น ในการดำเนินโครงการ Lazona Kawasaki Toshiba Building

“การออกแบบรูปร่างรูปทรง” และ “การคำนวณวิเคราะห์” ในงานออกแบบอาคารเชิงสถาปัตยกรรม

คุณค่าที่ได้รับ จากการใช้ระบบ BIM ในงานก่อสร้างอาคาร สามารถสรุปสั้น ๆ ได้ด้วยคำสองคำ คือ “การออกแบบรูปร่างรูปทรง (configuration)” และ “การคำนวณวิเคราะห์ (phenomenon)”

สามารถสรุปได้ว่า คุณค่าที่เป็นหัวใจหลักของการนำ BIM เข้ามาใช้ในงานออกแบบทางสถาปัตยกรรมของโครงสร้างอาคาร คือ งานออกแบบกับงานก่อสร้างจริงจะอยู่บน platform เดียวกัน กล่าวคือ งานก่อสร้างตัวโครงสร้างอาคาร ที่ในความเป็นจริงก็จะมีการก่อสร้างออกมาในพิกัด 3 มิติ ก็จะถูกออกแบบบนพื้นฐาน หรือ platform ที่เป็น พิกัด 3 มิติ คุณที่ที่กล่าวถึงนี้เป็นสิ่งที่ BIM สามารถมอบให้กับผู้ใช้งาน อันเป็น บทสรุปแรกของคำว่า “รูปร่างรูปทรง (configuration)”

เปรียบเทียบกับการทำงานบนแบบ 2 มิติ กับ การทำงานด้วยระบบ BIM 3 มิติ จะพบว่า การสื่อสารสร้างความเข้าใจระหว่างคณะทำงานและผู้ที่เกี่ยวข้องจะดีขึ้นเป็นอย่างมาก หากมีการนำ BIM เข้ามาใช้ นอกเหนือจากนี้ ความสามารถในการนำเสนอ ทั้งในส่วนของแบบรายละเอียด และการสร้างวีดีโอในการทำงาน จะสามารถช่วยให้เจ้าของงานเข้าใจตัวเนื้องานได้ดีมากยิ่งขึ้นดังเช่นการทำโมเดลพลาสติกที่มีการทำเป็นปกติทั่วไป รวมไปถึงการตรวจสอบการทับซ้อนชนกัน (clash check) ระหว่างงานโครงสร้างและงานระบบ ซึ่งสามารถดำเนินการผ่านระบบ BIM และแสดงผลให้เห็นได้อย่างชัดเจน ในแบบจำลองที่ซ้อนทับกันระหว่าง แบบจำลองงานโครงสร้าง งานระบบ และงานสถาปัตยกรรม ตลอดไปจนการประมาณการน้ำหนักโครงสร้างโดยรวม ซึ่งสามารถคำนวณได้ทันทีที่มีการบันทึกข้อมูล

และอาจกล่าวได้ว่า ประโยชน์หลักของการนำ ระบบ BIM เข้ามาใช้ในงานออกแบบอาคาร คือ การที่สามารถดำเนินการทำแบบจำลอง

เสมือนจริงในรูปแบบสามมิติ ซึ่งเป็นการเข้าถึงสภาพทางกายภาพที่เกิดขึ้นภายในอาคาร ที่เรียกว่า “phenomena”

เมื่อกล่าวถึงแบบจำลองที่สามารถจัดการกับ “การคำนวณวิเคราะห์ (phenomenon)” สำหรับงานต่าง ๆ ในขั้นตอนการออกแบบอาคาร ก็อาจต้องพิจารณาถึงแบบจำลองที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมความร้อนและอุณหภูมิภายในตัวอาคาร โดยการพิจารณาถึงหลักการของการทำแบบจำลองพลศาสตร์ของไหล (computer fluid dynamic หรือ CFD) โดยก่อนหน้าที่จะมีการนำ BIM เข้ามาใช้ ผู้ออกแบบก็มีความจำเป็นต้องทำแบบจำลองคอมพิวเตอร์สำหรับงาน CFD นี้ขึ้นมา แต่ในปัจจุบัน การทำการวิเคราะห์ CFD นั้น สามารถทำได้โดยง่าย ผ่านแบบจำลองที่สร้างขึ้นด้วยระบบ BIM อันเป็นการช่วยลดระยะเวลาและค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน และยังสามารถช่วยให้คุณภาพของงานออกแบบพัฒนาก้าวหน้าขึ้น (อ้างอิง ภาพที่ 3 และ รูปที่ 3)

นอกจากการทำแบบจำลองสำหรับงานที่กล่าวถึงข้างต้นนี้แล้ว ยังรวมไปถึงการทำแบบจำลอง ที่เกี่ยวข้องกับ แสง และ เสียง ภายในอาคาร ซึ่งแบบจำลองของ BIM ก็สามารถช่วยให้งานออกแบบที่ได้ดำเนินการอย่างต่อเนื่องนี้ เกิดการพัฒนาก้าวหน้าขึ้นเป็นอย่างมาก

Photo 2 โครงการ Hoki Museum
Fig. 2 BIM สำหรับโครงการ Hoki Museum
Photo 3 โครงการ *On the water*
Fig. 3 การทำแบบจำลองบนระบบ BIM สำหรับโครงการ *On the water*

“การออกแบบรูปร่างรูปทรง” และ “การคำนวณวิเคราะห์” ในงานออกแบบโครงสร้างอาคารเชิงวิศวกรรม

ในส่วนของงานโครงสร้างโครงสร้าง สิ่งที่ต้องนำมาใช้ในการพิจารณาประกอบไปด้วย ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับ รูปร่างและรูปทรง และ การคำนวณวิเคราะห์ ซึ่งได้มีการนำคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการคำนวณก่อนหน้าที่จะมีการนำระบบ BIM เข้ามาใช้ บริษัท Nikken Sekkei ได้เล็งเห็นถึงการสร้างประสิทธิภาพในการทำงานโดยได้มีการบูรณาการซอฟท์แวร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างหลากหลายประเภท เข้ากับการสร้างภาพดิจิตอลและระบบ BIM ซึ่งได้มีส่วนพัฒนางานออกแบบโครงสร้างได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เพื่อการนี้ บริษัท Nikken Sekkei จึงได้ทำการพัฒนาซอฟท์แวร์ขึ้นมา ที่สามารถนำมาใช้ร่วมกับ ระบบ BIM โดยการใช้งานซอฟท์แวร์นี้จะเริ่มจากการสร้างแบบจำลองบนคอมพิวเตอร์ขึ้นมา โดยซอฟท์แวร์จะไปดึงข้อมูลจากแนวเส้นที่เป็นส่วนของโครงสร้างในซอฟท์แวร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์เชิงวิศวกรรม มาสร้างเป็นแบบจำลองบน BIM และต่อมาเมื่อรายละเอียดต่าง ๆ ทั้ง รายละเอียดของคานและพื้นในแต่ละชั้น ได้ถูกใส่เพิ่มเติมในแบบจำลอง บน BIM ข้อมูลต่าง ๆ ที่ใส่เพิ่มเติมไปก็จะไปปรับปรุงแบบจำลองบน BIM โดยอัตโนมัติ ซึ่งทำให้ การเชื่อมต่อระหว่าง “การคำนวณวิเคราะห์” และ “การออกแบบรูปร่างรูปทรง” นี้สามารถดำเนินการไปพร้อมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ (อ้างอิง ภาพที่ 4 และ รูปที่ 4: No.1 Building of Toho Gakuen Chofu Campus)

นอกจากนี้ ในการออกแบบสนามกีฬาและโครงสร้างประเภทอื่น ๆ ซึ่งมีโครงสร้างที่สลับซับซ้อน และเป็นส่วนที่ต้องเปิดสู่สายตาคนทั่วไป รูปทรงของอาคาร (ในเชิงสถาปัตยกรรม) และ แนวของชิ้นส่วนโครงสร้าง (ในเชิงวิศวกรรม) จะถูกสร้างขึ้นมาพร้อม ๆ กัน บนแบบจำลองสามมิติ ซึ่งไม่จำกัดว่าต้องอยู่ในระนาบ (free configuration) โดยในขั้นตอนของการทำงาน จะเริ่มจากการสร้างแบบจำลองเพื่อส่งไปยังระบบ BIM และต่อมาก็ดำเนินการในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ที่เกี่ยวข้องกับตัวอาคารในมิติอื่น ๆ ซึ่งเราพอจะสรุปได้ว่า ด้วยเทคโนโลยีในปัจจุบัน เราสามารถ เชื่อมต่อแนวเส้นของโครงสร้างเข้ากับโปรแกรมที่ใช้ในการวิเคราะห์ประเภทต่าง ๆ เข้าด้วยกัน โดยมีระบบ BIM เข้ามาช่วยให้การทำงานมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

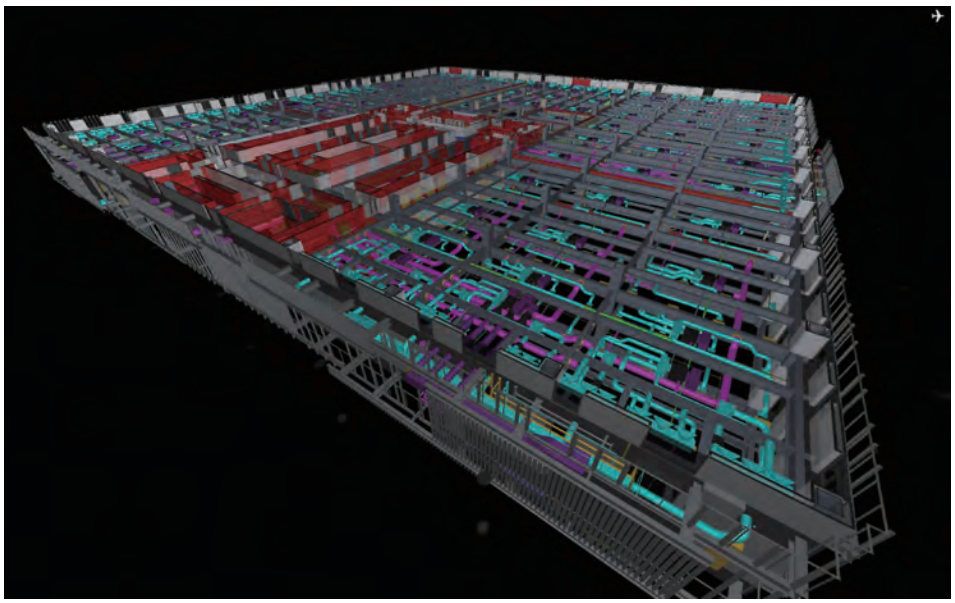
ภาพที่ 4 อาคารหมายเลข 1 ของ Toho Gakuen Chofu Campus
รูปที่ 4 แบบจำลอง บนระบบ BIM ของอาคารหมายเลข 1 ของ Toho Gakuen Chofu Campus

“พฤติกรรม” และ “วัฏจักรชีวิตตลอดอายุการใช้งาน”

จากที่ได้กล่าวนำในข้างต้น การนำระบบ BIM เข้ามาใช้ในงานออกแบบเชิงสถาปัตยกรรมและเชิงวิศวกรรม ของการทำงานที่บริษัท Nikken Sekkei นี้ เริ่มต้นจากการกำหนด “รูปร่างและรูปทรง” ขึ้นมา และเมื่อได้ดำเนินการจนเสร็จเป็นที่เรียบร้อย ก็จะนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้ในการวิเคราะห์ในขั้นตอนต่าง ๆ ต่อไป โดยเป้าหมายที่สำคัญ คือเพื่อพัฒนาคุณภาพของงานออกแบบให้ดียิ่งขึ้น โดยในปัจจุบัน บริษัทได้คาดหวังว่า ระบบ BIM จะสามารถช่วยให้เกิดการพัฒนาผลิตผล อันเป็นวัตถุประสงค์หลักของการพัฒนาระบบ BIM เข้ามาใช้ในอุตสาหกรรม และขยายผลไปยังขั้นตอนต่าง ๆ ของงานก่อสร้าง ผ่านระบบ Construction BIM ที่กำลังพัฒนาอยู่ในปัจจุบัน

นอกจากนี้ บริษัทยังเชื่อว่า มีความจำเป็นอย่างยิ่งในแง่ของการออกแบบ ที่ “พฤติกรรม” ของผู้ใช้อาคาร จะสามารถนำมาพิจารณาร่วมกับระบบ BIM ซึ่งในอนาคต มีความเป็นไปได้ว่าจะมีการผนวกระบบ “ปัญญาประดิษฐ์ หรือ Artificial Intelligence” เข้ามาร่วมกับระบบ BIM รวมไปจนถึงการนำระบบ BIM เข้ามาสร้างประโยชน์ให้กับทั้งลูกค้าและชุมชน ในท้ายที่สุดนี้ บริษัทสนับสนุนการนำระบบ BIM เข้ามาใช้กับการจัดการอาคาร (facility management, FA) รวมไปจนถึงประเด็นต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับวัฏจักรชีวิตตลอดอายุการใช้งานของอาคาร (building lifecycle) อีกด้วย

Fig. 1 BIM integrated drawing at basic design stage of Lazona Kawasaki Toshiba Building



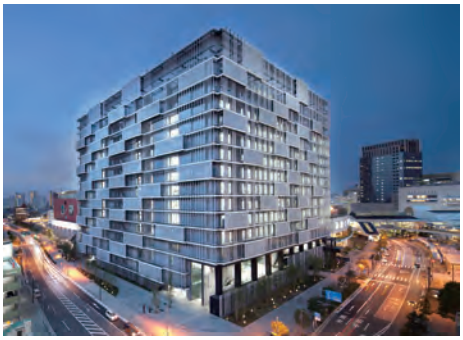


Photo 1 Lazona Kawasaki Toshiba Building

Fig. 2 BIM of Hoki Museum

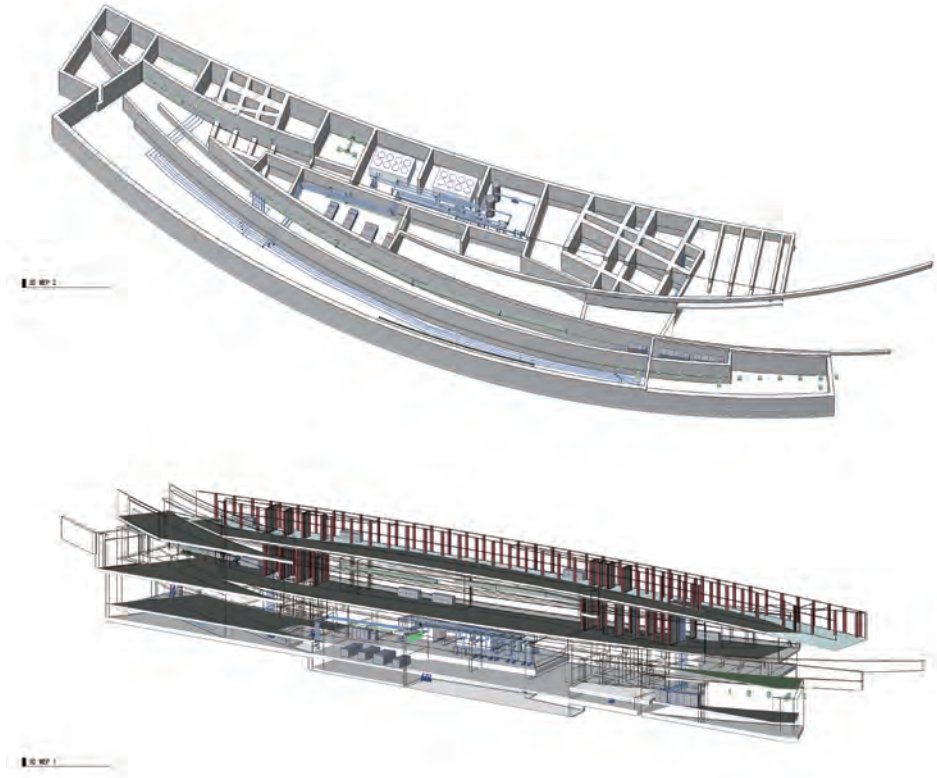


Fig. 3 Simulation by use of BIM of *On the water*

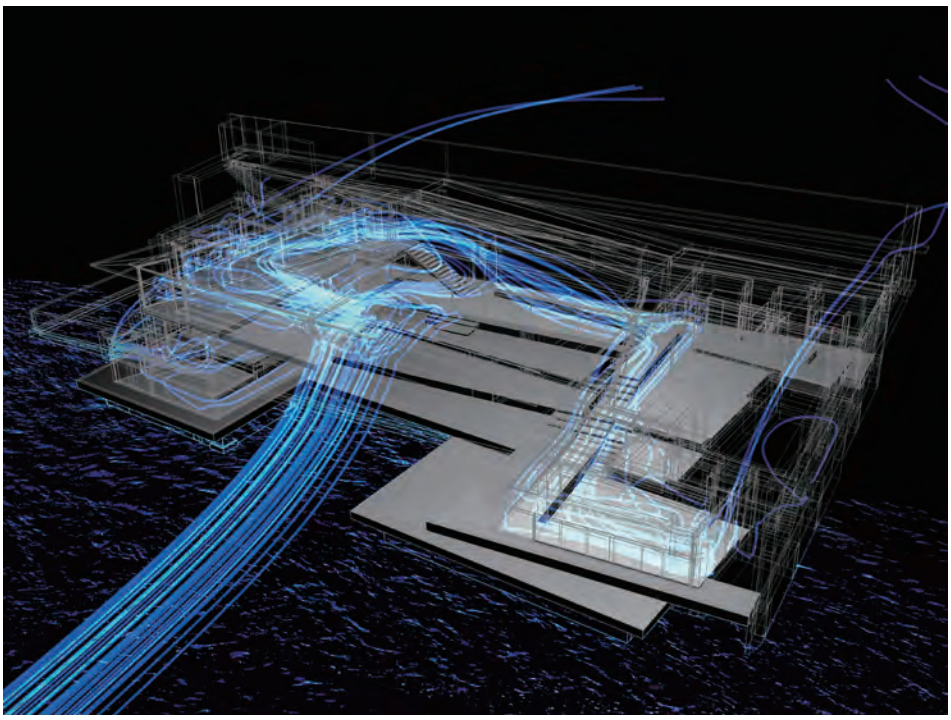


Photo 2 Hoki Museum

Photo 3 *On the water*

Fig. 4 BIM of No. 1 Building of Toho Gakuen Chofu Campus

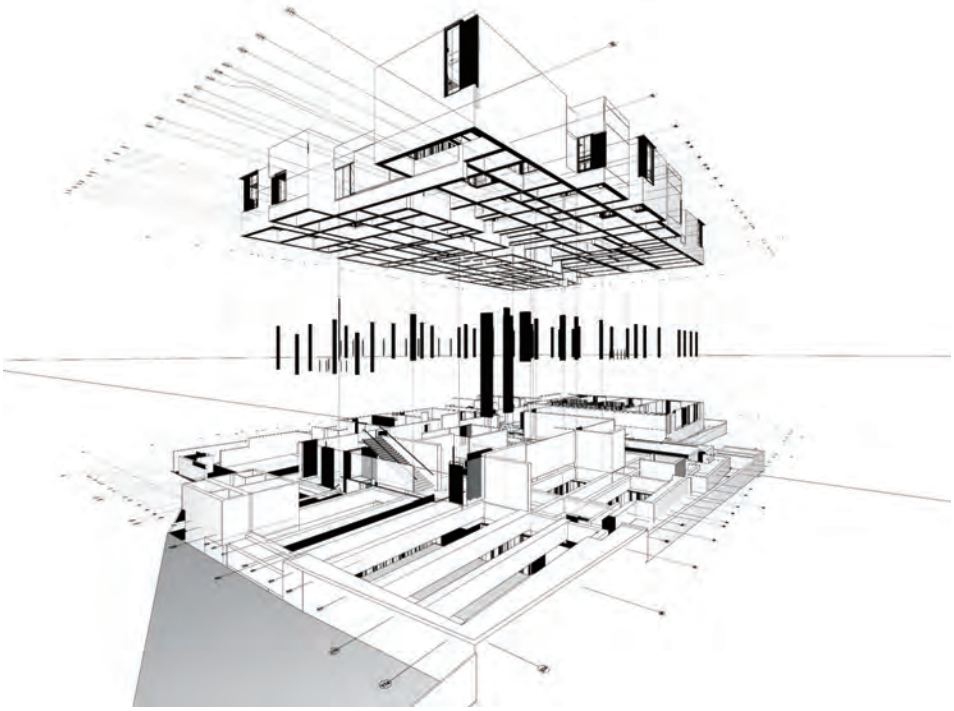


Photo 4 No. 1 Building of Toho Gakuen Chofu Campus

(หน้า 11~12)
หัวข้อพิเศษ: ระบบ ***BIM*** และ ***CIM –*** แบบจำลองข้อมูลอาคาร (***2)***

ทิศทางของการต่อยอดการใช้งาน ระบบ BIM ในงานก่อสร้างโครงสร้างเหล็ก

โดย Hiromitsu Sone (สมาพันธ์ผู้รับเหมาก่อสร้างแห่งประเทศญี่ปุ่น)

คณะอนุกรรมการสาขาระบบ BIM ของสมพันธ์ผู้รับเหมาก่อสร้างแห่งประเทศญี่ปุ่นได้ตีพิมพ์ 1) คู่มือออกมาในเดือนธันวาคม ปี 2014 ที่ชื่อว่า "ระบบ BIM สำหรับงานก่อสร้างคืออะไร – คู่มือสำหรับการทำงานร่วมกันระหว่าง ผู้รับเหมาหลัก และผู้รับเหมาช่วง" คู่มือดังกล่าวนี้ เป็นคู่มือฉบับแรกสำหรับผู้รับเหมาที่ต้องการนำระบบ BIM เข้ามาใช้ในงานก่อสร้าง ภายในเล่ม มีการนำเสนอรูปภาพมากมายที่ช่วยอธิบายสร้างความกระจ่างให้แก่ผู้ที่ไม่เคยรู้จักระบบ BIM มาก่อนให้สามารถเข้าใจประโยชน์ของการนำระบบ BIM เข้ามาใช้ในงานก่อสร้างได้ (ดังภาพที่ 1)

สำหรับโครงการก่อสร้างทั่วไปแล้ว ผู้รับเหมาหลักจะทำการจัดเตรียมแบบปฏิบัติงาน (execution drawing) ที่พัฒนาขึ้นจากแบบจากผู้ออกแบบ (design drawing) ซึ่งดำเนินการไปพร้อมกับการเตรียมการก่อสร้าง และสำหรับผู้รับเหมาช่วง (subcontractor) ก็จะมีการเตรียมแบบการขึ้นรูปชิ้นส่วนในโรงงาน (shop drawing) ที่นำข้อมูลมาจากแบบโดยผู้ออกแบบและแบบการปฏิบัติงาน เพื่อใช้สำหรับการผลิตชิ้นส่วนภายในโรงงาน โดยในการบวนการช่วงนี้ผู้รับเหมาหลักและผู้รับเหมาช่วง อาจต้องมีการประสานงานงานอย่างต่อเนื่องและเป็นระบบเพื่อปรับแก้ข้อมูลต่าง ๆ ซึ่งอ้างอิงเทียบกับแบบจำนวนมาก โดยการนำระบบ BIM เข้ามาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพ

เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ดังกล่าว จึงได้มีการจัดทำคู่มือขึ้นซึ่งแสดงขั้นตอน และวิธีการนำระบบ BIM เข้ามาประยุกต์ใช้ เพื่อให้ทั้งผู้รับเหมาหลักและผู้รับเหมาช่วง ได้รับประโยชน์จากการทำงานบนระบบ BIM ร่วมกัน ในช่วงของการก่อสร้าง (ซึ่งต่อไปจะใช้คำว่า construction BIM แทน)

ภาพที่ 1 "ระบบ BIM สำหรับงานก่อสร้างคืออะไร – คู่มือสำหรับการทำงานร่วมกันระหว่าง ผู้รับเหมาหลัก และผู้รับเหมาช่วง"

Construction BIM

ได้เคยมีผู้กล่าวไว้ว่า หากไม่นำระบบ BIM เข้ามาใช้ในกระบวนการก่อสร้าง ตั้งแต่ขั้นตอนของงานออกแบบ ไปจนกระทั่งงานก่อสร้าง และการบำรุงรักษา ระบบ BIM ก็จะขาดประโยชน์ต่ แต่อย่างไรก็ดี คู่มือดังกล่าวนี้แสดงให้เห็นว่า แม้ว่าจะมีการนำระบบ BIM เข้ามาใช้เฉพาะบางช่วง เช่นในช่วงของการก่อสร้าง ผู้ที่เกี่ยวข้องในช่วงนี้ก็จะได้รับประโยชน์ ดังเช่น

- กระบวนการในการเร่งติดตามงาน กับผู้ที่เกี่ยวข้อง
- การตรวจสอบถึงการซ้อนทับกัน และรูปร่างของรายละเอียดโครงสร้าง
- การตรวจสอบถึงความสามารถในการก่อสร้าง (constructability) และการทำการจำลองขั้นตอนในการก่อสร้าง (construction simulation)
- การสร้างประสิทธิผลของงาน จากแบบก่อสร้างที่ได้รับการพัฒนาให้ดียิ่งขึ้น
- ประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้น อันเนื่องจากการอนุมัติแบบที่รวดเร็วขึ้น
- การจัดทำงบประมาณการก่อสร้างที่ดียิ่งขึ้น

ทิศทางการนำระบบ BIM เข้ามาใช้ในงานก่อสร้างโครงสร้างเหล็ก

รายละเอียดภายในคู่มือฉบับดังกล่าว ได้มีหัวข้อต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

- วัตถุประสงค์ของการนำระบบ BIM เข้ามาใช้
- ขั้นตอนในการนำระบบ BIM เข้ามาใช้
- Construction BIM จำแนกโดยประเภทของงานก่อสร้าง
- การนำระบบ BIM เข้ามาใช้ในกระบวนการจัดทำแบบการผลิตขึ้นรูป● ชิ้นส่วนอาคารโครงสร้างเหล็ก
- ภาพรวมและกรณีศึกษาของการนำระบบ BIM เข้ามาใช้กับผู้รับเหมาหลักและผู้รับเหมาช่วง
- ประโยชน์ที่ได้รับจากการนำระบบ BIM เข้ามาใช้ พร้อมตัวอย่าง

โดยในส่วนของประโยชน์ที่ได้รับจากการนำระบบ BIM เข้ามาใช้นั้น ได้มีการนำไปเปรียบเทียบกับ การทำงานบนแบบสองมิติ อ้างอิงกับโครงการจริง 14 ประเภทโครงการ (มีรายการการทำงานทั้งสิ้น 109 รายการ) โดยใน 109 รายการนี้ มีส่วนที่เกี่ยวข้องกับงานโครงสร้างเหล็กจำนวนทั้งสิ้น 26 รายการ (ดังรูปที่ 2) ทั้งนี้ เป็นที่ทราบกันว่าการนำระบบ BIM เข้ามาใช้กับงานก่อสร้างอาคารโครงสร้างเหล็ก จะได้รับประโยชน์มากที่สุด

รูปที่ 1 ขั้นตอนการเตรียมตัวสำหรับการนำระบบ Construction CIM ไปใช้ในการทำงาน
รูปที่ 2 การจำแนกระบบ Construction BIM ตามประเภทงานก่อสร้าง

"การหาข้อสรุปผ่านระบบ BIM" ในงานก่อสร้างโครงสร้างเหล็ก

คู่มือดังกล่าวได้นำเสนอวิธี "การหาข้อสรุปผ่านระบบ BIM" ซึ่งเป็นแนวทางใหม่สำหรับการประยุกต์ construction BIM (ดังรูปที่ 3) โดยในการขอการอนุมัติรับรองแบบที่ใช้ในการทำงาน กระบวนการต่าง ๆ ก็ยังดำเนินไปตามปกติ ทั้ง การเก็บบันทึกข้อมูล กระบวนการขออนุมัติ ซึ่งการนำระบบ BIM เข้ามาใช้ก็มิได้กระทบต่อกระบวนการทำงานขั้นตอนต่าง ๆ ในส่วนของงานก่อสร้าง ผู้รับเหมาหลักได้มีการนำระบบ BIM เข้ามาใช้กับกระบวนการตรวจสอบและจัดทำแบบการขึ้นรูปชิ้นส่วนในโรงงาน ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินงานที่ตรวจสอบซ้ำไปมา ซึ่งการนำระบบ BIM เข้ามาใช้ ก็เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพขึ้นได้อย่างมีนัยสำคัญ

แนวทางต่าง ๆ ที่ได้นำเสนอข้างต้นนนี้ก็ได้มีการนำไปใช้ในเชิงปฏิบัติร่วมกับผู้ประกอบการงานอาคารที่เกี่ยวข้อง เช่น งานระบบลิฟท์ (ดังรูปที่ 4) เป็นต้น ซึ่งระบบ BIM ก็ได้พิสูจน์ให้เห็นว่า สามารถลดการทำงานที่ซ้ำซ้อน สามาตรวจสอบความถูกต้องได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตลอดจนช่วยลดระยะเวลาการขออนุมัติ รวมไปจนถึงการลดปริมาณแบบที่ต้องจัดทำลงได้อย่างมาก

รูปที่ 3 โครงร่างของการหาข้อสรุปผ่านระบบ BIM
รูปที่ 4 ขั้นตอนการหาข้อสรุปผ่านระบบ BIM

การพัฒนา Construction BIM ในอนาคต

คงไม่เป็นการกล่าวอย่างเกินเลยนักว่า ยิ่งมีการประสานร่วมกัน ระหว่าง ผู้รับเหมาหลัก และ ผู้รับเหมาช่วงงานโครงสร้างเหล็ก มากยิ่งขึ้น เท่าไหร่ พัฒนาการของ construction BIM ในประเทศญี่ปุ่น ก็ยิ่งมากขึ้น เท่านั้น ซึ่งสมาพันธ์ผู้รับเหมาก่อสร้างแห่งประเทศญี่ปุ่นได้มีแผนการสิ่ง เสริมให้มีการนำ construction BIM เข้ามาใช้ในอุตสาหกรรมเพิ่มมาก ยิ่งขึ้น ไม่เฉพาะกับผู้รับเหมาหลักเท่านั้น แต่ยังรวมไปถึงผู้รับเหมาช่วง งานโครงสร้างเหล็ก ผ่านการจัดอบรมสัมมนา 2) เพื่อแนะนำการใช้คู่มือ และประโยชน์จากการนำ ระบบ BIM เข้ามาใช้งานการทำงาน

ตัวอย่างภาพระบบ BIM (building information medeling)

Photo 1 “What’s Construction BIM—Handbook for the Collaboration of General Contractors and Subcontractors”

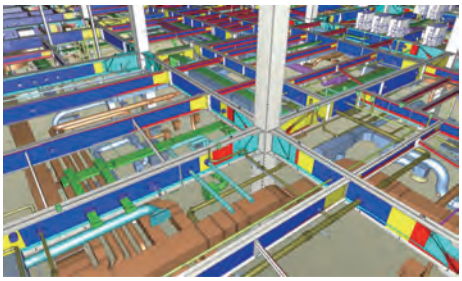


Photo 2 Fixing of ceiling inside equipment and coordination of steel-frame sleeves

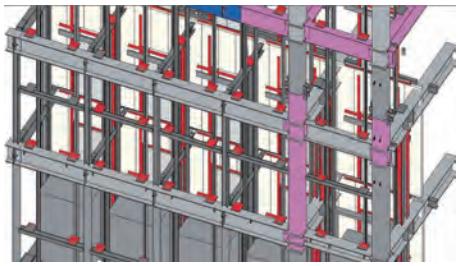


Photo 3 BIM-based consensus of steel-frame members for elevator equipment (red) and steel-frame model (grey)

Fig. 1 Procedures from Preparation to Application of Construction BIM

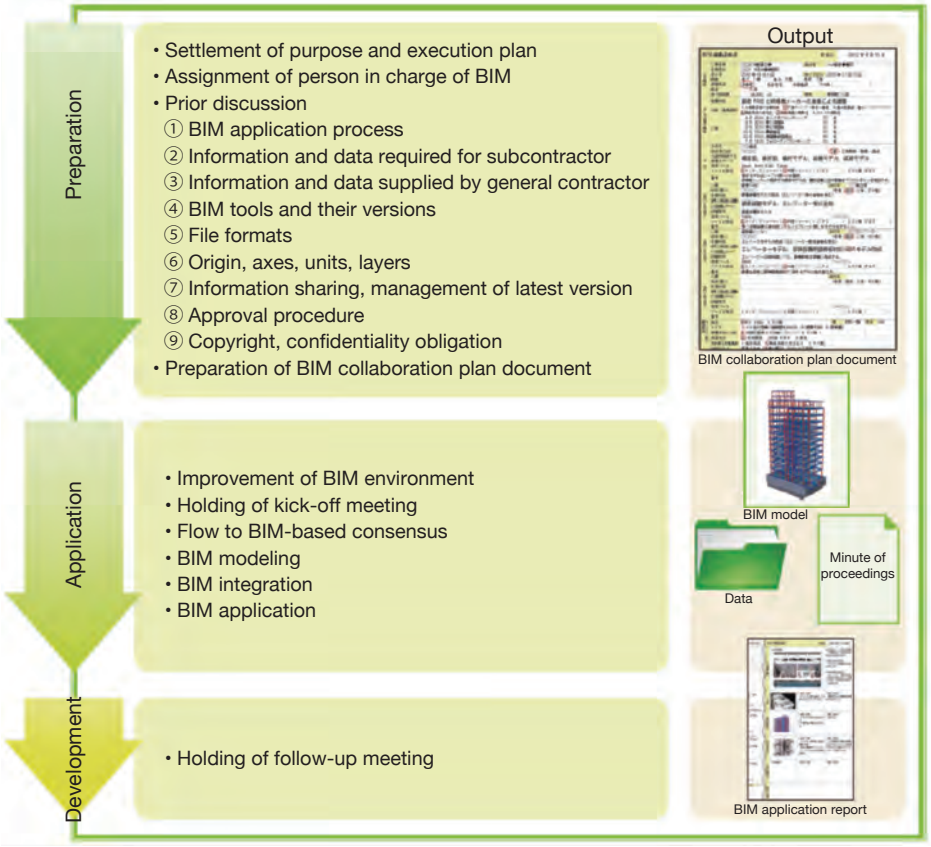


Fig. 2 Construction BIMs by Type of Construction Works

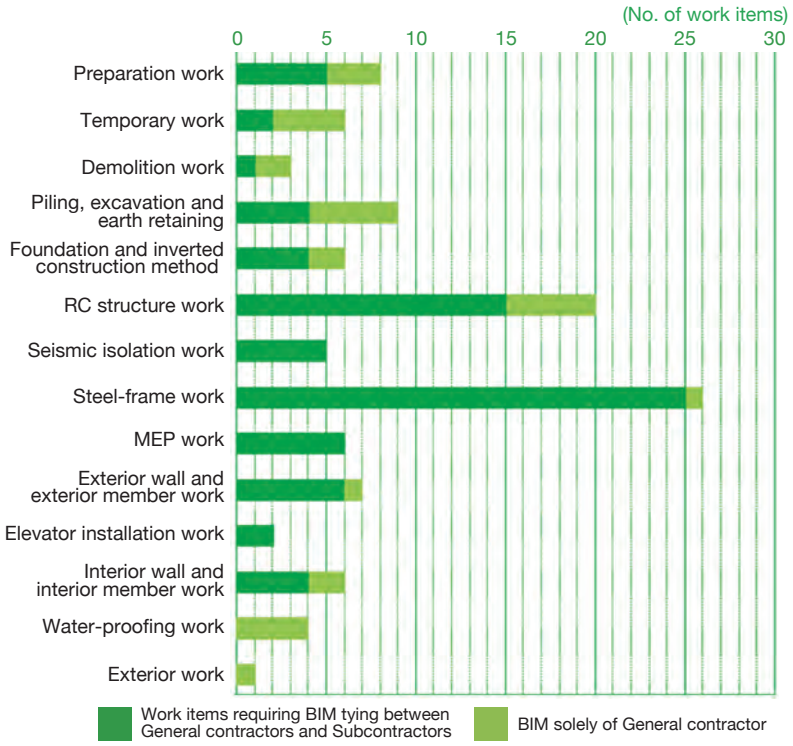


Fig. 3 Formation of BIM-based Consensus

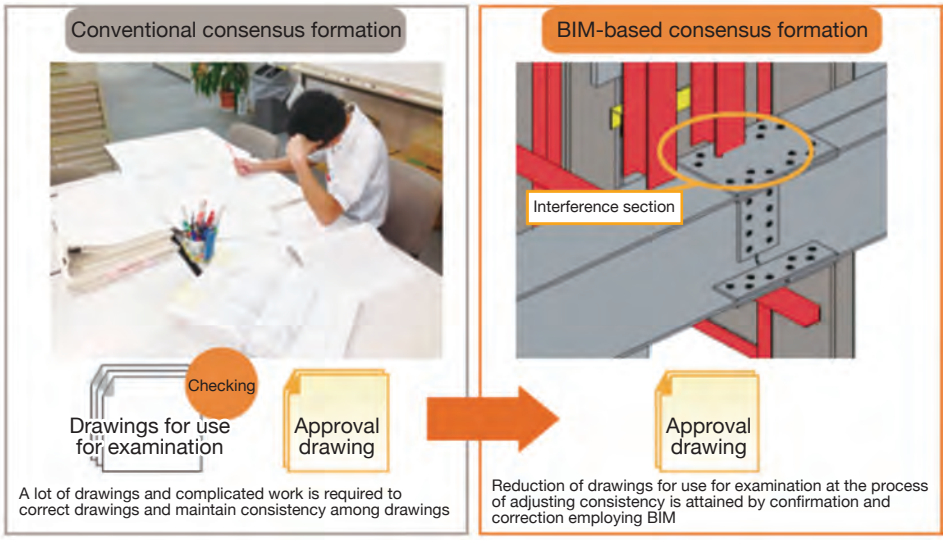
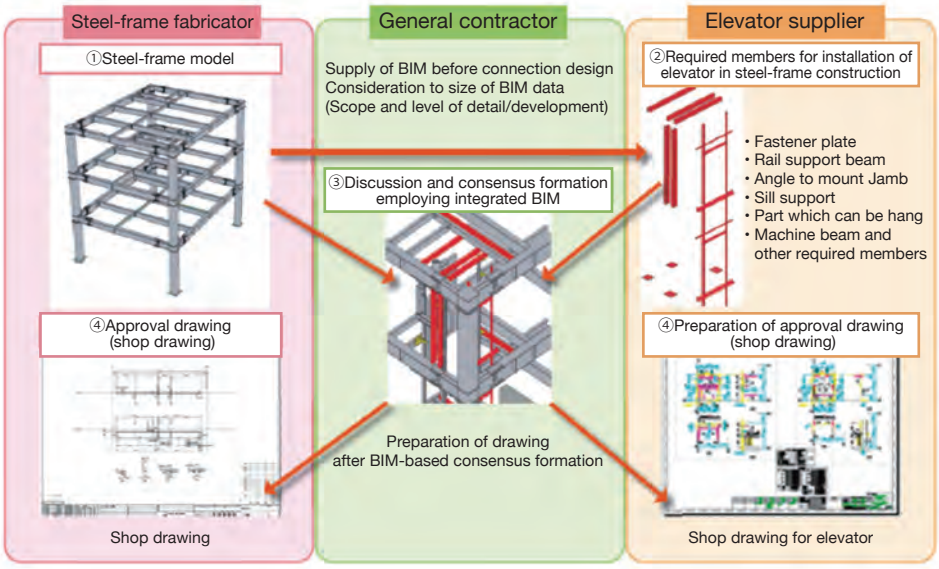


Fig. 4 Procedures for BIM-based Consensus (Example)



(หน้า 13~14)
หัวข้อพิเศษ*: BIM* และ *CIM – Construction Information Modeling (1)*

การประยุกต์แบบจำลองโครงสร้างสะพานสามมิติ สำหรับยุทธศาสตร์งานบำรุงรักษาสะพานเหล็ก

โดย Hiroaki Matsushita (สมาพันธ์ผู้รับเหมาก่อสร้างแห่งประเทศญี่ปุ่น)

สะพานเหล็กในประเทศญี่ปุ่นจำนวนมากได้มีการเสื่อมสภาพลงตามระยะเวลาที่ถูกใช้งานไป ดังนั้นการหาหนทางที่จะสามารถบูรณะบำรุงสะพานได้อย่างมีประสิทธิภาพภายใต้งบประมาณและทรัพยากรบุคคลอันจำกัดจึงเป็นสิ่งที่สำคัญยิ่ง

ในสถานการณ์ปัจจุบัน ระบบ Construction Information Modeling หรือที่เรียกว่า ระบบ CIM ซึ่งเป็นระบบที่ได้มีการบูรณาการงานต่าง ๆ ตั้งแต่งานสำรวจ ออกแบบ ก่อสร้าง ไปจนกระทั่งถึงการบำรุงรักษา ผ่านแบบจำลอง 3 มิติ ที่เรียกว่า 3D-PDM (3 Dimensional Product Modeling) ได้รับการสนับสนุนส่งเสริม โดยกระทรวงที่ดิน โครงข่ายสาธารณูปโภค การขนส่งและการท่องเที่ยว หรือ MLIT (Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism) ให้มีการนำเข้ามาใช้กับงานสะพาน โดย 3D-PDM นี้เป็นแบบจำลองที่นอกเหนือจากข้อมูลด้านรูปร่างรูปทรงขนาดมิติแล้ว ก็ได้มีการเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องด้านต่าง ๆ ทั้ง ข้อมูลด้านวัสดุ ข้อกำหนด (specification) สมรรถนะการใช้งาน (performance) น้ำหนักและข้อมูลเกี่ยวกับต้นทุนที่จำเป็นต้องใช้ในการประมวลผลในขั้นต่อนต่าง ๆ ของการทำงาน

ในบทความนี้ จะขยายความถึงบทบาทของ 3D-PDM ที่นำมาใช้บนระบบ CIM รวมไปจนถึงศักยภาพในการนำ 3D-PDM มาประยุกต์ใช้กับงานบูรณะบำรุงสะพานโครงสร้างเหล็กในอนาคต

การประยุกต์ใช้ และบทบาทในอนาคตของ 3D-PDM สำหรับงานสะพานเหล็ก

ในขณะที่กระทรวง MLIT ได้ให้การสนับสนุนส่งเสริมให้มีการนำระบบ CALS/EC (Continuous Acquisition and Life-cycle Support / Electronic Commerce) 3D-PDM ก็ได้ถูกพัฒนาขึ้นสำหรับงานสะพานโครงสร้างเหล็ก (รูปที่ 1) และได้รับการผลักดันให้เกิดการใช้งานในปัจจุบัน โดยนอกเหนือจากศักยภาพของ 3D-PDM ที่สามารถนำไปใช้กับ การออกแบบผ่านแบบจำลองสามมิติ การประยุกต์ใช้กับงานก่อสร้างหน้างาน และการบำรุงรักษา แต่อย่างไรก็ดี การนำไปใช้ก็ยังถูกจำกัดอยู่ในงานขั้นเตรียมการ ทั้งการเตรียมข้อมูลสำหรับการขึ้นรูป การจัดทำเอกสารการขึ้นรูป และข้อมูลรายละเอียดอื่น ๆ ในกระบวนการภายในโรงงานเท่านั้น

รูปที่ 1 กรอบการทำแบบจำลองสะพานสามมิติ (ผู้จัดทำ Symphony)

การประยุกต์ใช้ 3D-PDM สำหรับงานบูรณะบำรุงสะพานโครงสร้างเหล็ก

ระบบ 3D-PDM เป็นระบบที่ใช้ จำลองสภาพงานก่อสร้างที่เหมือนจริงบนคอมพิวเตอร์ ตั้งแต่งานสำรวจ งานวางแผนการก่อสร้าง รวมไปจนถึงงานบางประเภทที่เป็นลักษณะงานที่แปลกใหม่ที่ไม่เคยทำที่ไหนมาก่อน ซึ่งการนำ 3D-PDM เข้ามาใช้ ก็สามารถช่วยให้เข้าใจภาพงานก่อสร้าง และลักษณะรวมถึงข้อกำหนดข้อจำกัดของงานก่อสร้าง นั่นแปลว่า เราสามารถเพิ่มประสิทธิภาพให้กับกระบวนการต่าง ๆ ของการดำเนินงานโครงการ ป้องกันปัญหาหรือผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น และเพิ่มความปลอดภัยในการทำงานโครงการทุกขั้นตอนโดยการบูรณาการส่วนประกอบของระบบเข้าด้วยกัน ผ่านแบบจำลอง 3D-PDM

รูปที่ 2 แสดงให้เห็นถึงภาพของแบบจำลอง 3D-PDM ซึ่งนำมาใช้ในงานบูรณะบำรุงสะพาน ซึ่งจากที่ปรากฏในรูป ข้อมูลที่ใช้สำหรับการบูรณะบำรุงสะพาน ตั้งแต่ข้อมูลการสำรวจตรวจสอบสะพาน ประวัติการซ่อมแซมเสริมกำลัง และข้อมูลการตรวจวัดพฤติกรรมของสะพาน จะเป็นส่วนที่เตรียมไว้ในแบบจำลอง 3D-PDM ที่มีการสร้างขึ้นมาตั้งแต่ขั้นตอนของการออกแบบ และนำไปใช้ต่อในช่วงของการก่อสร้าง โดยข้อมูลของโครงสร้างจริง (as-built information) ก็จะถูกบันทึกไว้เป็นฐานข้อมูลเพื่อนำไปใช้พิจารณาในขั้นตอนของการบูรณะบำรุงต่อไปในอนาคต

นอกจากนี้ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา เทคโนโลยีการบูรณะบำรุงโครงสร้างสะพานได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง โดยได้มีการนำเทคโนโลยีด้านการสื่อสาร และเทคโนโลยีในการตรวจวัดในหลากหลายมิติเข้ามาใช้กับงานสะพาน อันส่งผลต่อประสิทธิภาพในการบูรณะบำรุงโครงสร้างสะพาน หากได้มีการผสานแบบจำลอง 3D-PDM ร่วมกันกับเทคโนโลยีสมัยใหม่ที่กล่าวถึงนี้

รูปที่ 2 การประยุกต์ใช้แบบจำลองสามมิติของงานสะพานเพื่อใช้สำหรับงานบูรณะบำรุง

Application Example for 3D-PDM in Bridge Maintenance

แบบจำลอง 3D-PDM ได้มีการนำไปใช้กับงานบำรุงรักษาสะพานร่วมกับเทคโนโลยีการวัดด้วยเลเซอร์ (laser scanner) ซึ่งนำมาใช้กับงานสำรวจสะพานขึง โดยได้แสดงตัวอย่างดังรูปที่ 3

งานหลัก ๆ ที่สำคัญ ของตัวอย่างที่นำเสนอ คือการเก็บข้อมูลด้านขนาดมิติของสะพานขึง และแรงดึงในสายเคเบิล ซึ่งได้มีการบันทึกผ่าน laser scanner อันเป็นส่วนหนึ่งของการตรวจสอบสะพานตามระยะเวลาที่กำหนด (periodical inspection) ข้อมูลพิกัด 3 มิติ ได้ถูกเก็บและนำมาวิเคราะห์โครงสร้างด้วยแบบจำลองสามมิติ และหลังจากนั้นแบบจำลอง 3D-PDM ก็ได้ถูกสร้างขึ้นเพื่อใช้สำหรับงานบูรณะบำรุง โดยสรุปคือ เทคโนโลยีการวัดสมัยใหม่นี้ได้มีส่วนช่วยให้การทำงานมีประสิทธิภาพมากขึ้น ทั้งในแง่ของความแม่นยำ และระยะเวลาที่ใช้ในการทำงาน นอกจากนี้ผลการตรวจวัดที่ได้ยังสามารถนำไปใช้เพื่อสรุปถึงมิติพิกัดของสะพานขึงในแต่ละจุด หากมีการนำไปใช้ร่วมกับแบบจำลอง 3D-PDM

พร้อมกันนี้ เรายังสามารถพัฒนาในส่วนที่เกี่ยวข้องกับความถูกต้องแม่นยำ ตลอดจนการลดต้นทุนค่าใช้จ่ายในการทำแบบจำลอง 3D-PDM ซึ่งได้พิสูจน์ให้เห็นว่า เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสูงในการสื่อสารผ่านแบบจำลองสามมิติหากโครงสร้างมีการเปลี่ยนแปลงแม้เพียงเล็กน้อย

รูปที่ 3 การวัดขนาดมิติด้วยเลเซอร์และเทคโนโลยีการทำแบบจำลองสามมิติ

การนำศักยภาพของแบบจำลอง 3D-PDM สำหรังานบูรณะบำรุงโครงสร้างระบบสาธารณูปโภค

ในงานวิศวกรรมโยธา แม้ว่างานสะพานเหล็กจะเป็นงานที่ผลักดันให้มีการนำแบบจำลอง 3D-PDM แต่การนำไปใช้ก็ยังถูกจำกัดกรอบกับลักษณะงานบางประเภท

ในทางกลับกัน สำหรับงานตรวจสอบงานก่อสร้างสะพานเหล็ก เทคโนโลยีโทรคมนาคมสื่อสารและเทคโนโลยีการตรวจวัดสามมิติ ก็ได้แสดงให้เห็นถึงพัฒนาการที่ก้าวหน้าไปไกล ซึ่งการนำแบบจำลอง 3D-PDM มาใช้ร่วมกับโครงสร้างระบบสาธารณูปโภคอื่น ๆ ก็จะสามารถสร้างประโยชน์ได้อย่างมหาศาลกับงานบูรณะบำรุงโครงสร้างพื้นฐานประเภทต่าง ๆ ได้

ซึ่งพอจะคาดการณ์ได้ว่า ในอนาคตซึ่งจะมีพัฒนาการด้านเทคโนโลยีออกมาอย่างต่อเนื่องนั้น การนำแบบจำลอง 3D-PDM สำหรับระบบ CIM จะมีแนวโน้มการนำมาใช้ที่เพิ่มมากยิ่งขึ้น ในมิติที่กว้างมากยิ่งขึ้นต่อไป

Fig. 1 Outline of Three-dimensional Bridge Product Modeling (Modeler: Symphony)

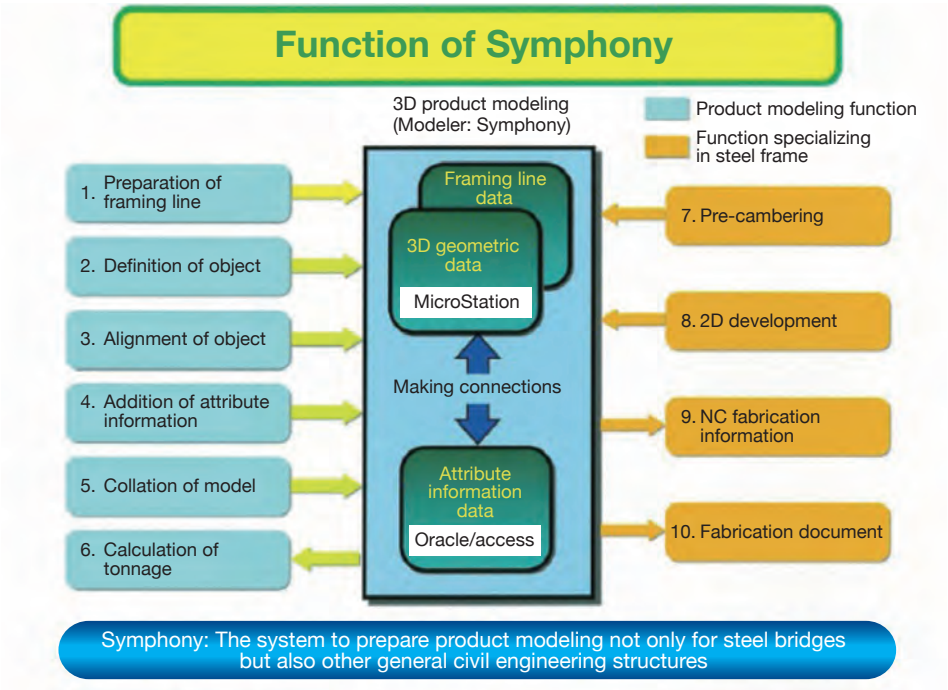


Fig. 2 Application of Three-dimensional Bridge Product Modeling Used for Strategic Maintenance (Image)

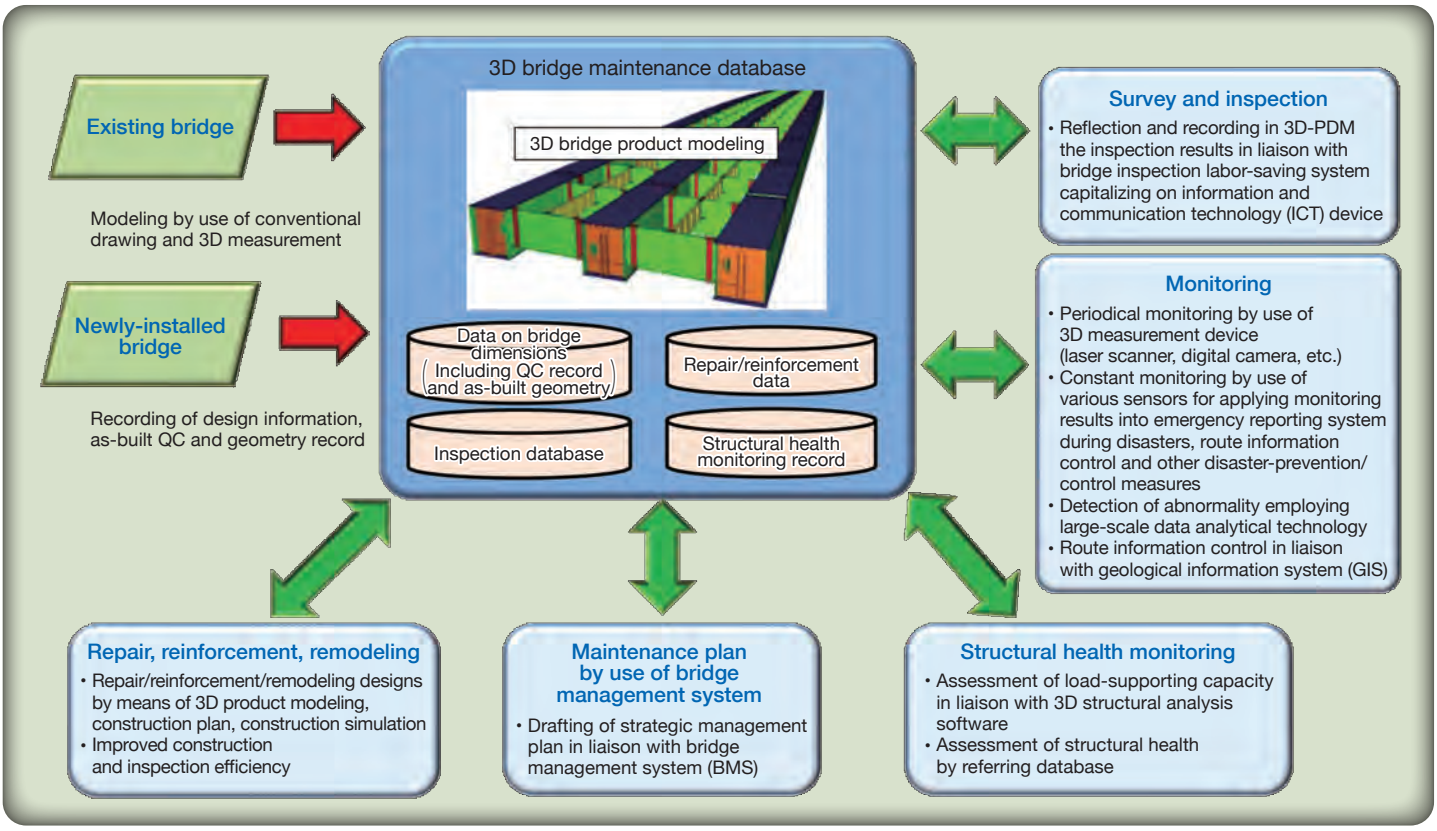
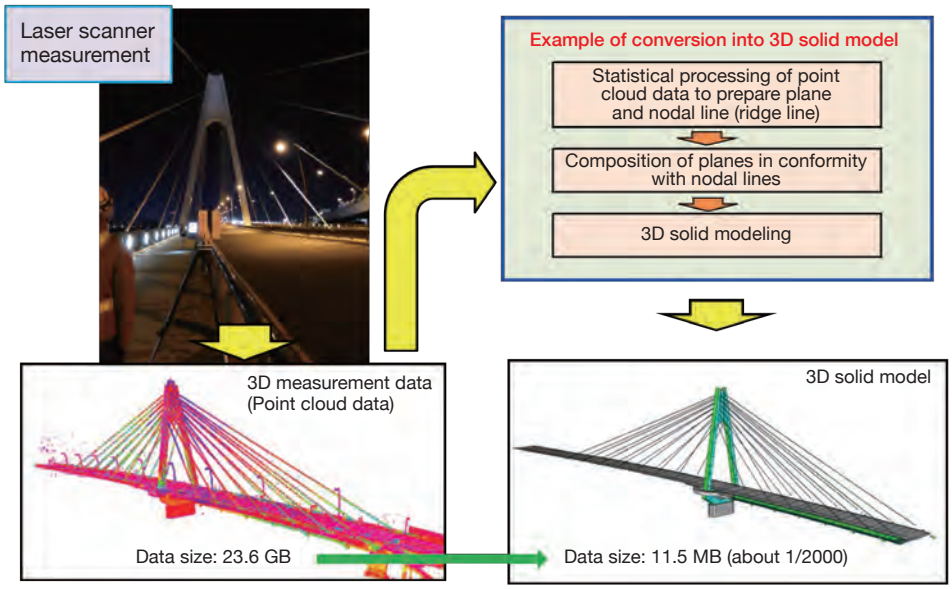


Fig. 3 Laser Scanner Measurement and 3D Modeling Technology



(หน้า 15~16)
หัวข้อพิเศษ*: BIM* และ *CIM – Construction Information Modeling (2)*

โครงการการทดลองใช้งานระบบ CIM
โดย Makoto Nakane (บริษัท Takadakiko)

สะพานที่ใช้สำหรับศึกษาโครงการที่แสดงในหัวข้อนี้ เป็นสะพานตัวอย่างจริง เพื่อใช้สำหรับการนำระบบ CIM (Construction Information Modeling) เข้ามาทดลองใช้จริง โดยโครงการได้มีการจัดจ้างโดย สำนักพัฒนาพื้นที่เขต Chugoku สังกัดกระทรวง MLIT ซึ่งเป็นสะพานคานรูปกล่องต่อเนื่องยาว 2 ช่วง

สำหรับขั้นตอนการนำ CIM เข้ามาใช้กับโครงการ เริ่มจากการศึกษาความเป็นไปได้ โดยพบว่า สามารถนำระบบ CIM เข้ามาดำเนินการได้ 2 แนวทาง คือ (1) การทำแบบจำลองโครงสร้างสามมิติ ในส่วนที่เป็นโครงสร้างส่วนหลัก (main structure) และ (2) การนำข้อมูลจากผู้ที่เกี่ยวข้องมารวมรวมกันในแบบจำลองสามมิติ โดยขั้นตอนการเตรียมข้อมูลและการนำข้อมูลไปใช้ในขั้นตอนต่อไป สำหรับการดำเนินการทั้งสองแนวทางนั้น สามารถดำเนินการได้ดังนี้

ขั้นตอนการเตรียมข้อมูล

ในลำดับแรก แบบจำลองสามมิติสำหรับโครงสร้างหลัก ก็ต้องถูกจัดทำขึ้นมาก่อน ซึ่งใช้สำหรับการขึ้นรูปชิ้นส่วนโครงสร้างเหล็กในโรงงาน โดยอาศัยข้อมูลจากแบบโดยผู้ออกแบบ และใช้ระบบ MASTERSON เข้ามาร่วมด้วย (พัฒนาโดย บริษัท JIP Techno Science Corporation)

ขั้นตอนต่อไป แบบสามมิติที่นำไปใช้สำหรับงานตรวจสอบสภาพโครงสร้าง อุปกรณ์ระบบระบายน้ำ และอุปกรณ์อื่น ๆ ก็ต้องถูกจัดทำขึ้นโดยใช้ Braz (พัฒนาโดยบริษัท JIP Techno Science Corporation) ซึ่งสามารถเตรียมการได้ค่อนข้างง่าย ด้วยเป็นส่วนของอุปกรณ์ประกอบค่อนข้างมาก

และท้ายสุด คือการนำระบบ AXEL3D (พัฒนาโดยบริษัท JIP Techno Science Corporation) เข้ามาใช้สำหรับการกรอกบันทึกข้อมูลต่าง ๆ ทั้งข้อมูลแบบจำลองโครงสร้างหลักสามมิติ และ แบบจำลองอุปกรณ์ประกอบสามมิติ โดยรูปที่ 1 แสดงขั้นตอนการเตรียมข้อมูล

รูปที่ 1 ขั้นตอนการเตรียมข้อมูลs

การสร้างแบบจำลองโครงสร้างและอุปกรณ์ประกอบสามมิติ

- **ขอบข่าย**

ประเด็นต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบการทับซ้อนระหว่างโครงสร้างหลักและส่วนที่ไม่ใช่โครงสร้างหลัก จะต้องถูกตรวจสอบก่อนการขึ้นรูปในโรงงาน ผ่านการตรวจสอบดูแบบจำลองสามมิติ ในส่วนที่เป็นโครงสร้างหลักและส่วนที่ไม่ใช่โครงสร้างหลัก และส่วนของอุปกรณ์ประกอบอื่น ๆ

- **การตรวจสอบรายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับการขึ้นรูปในโรงงาน**

ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการขึ้นรูปชิ้นส่วนต่าง ๆ ของโครงสร้างสะพาน ทั้งแผ่นเสริมกำลัง (stiffener) ครีบ (rib) คานขวาง (cross beam) และส่วนประกอบอื่น ๆ ว่าไม่มีประเด็นใด ๆ ที่ขัดแย้งอันส่งผลต่อการขึ้นรูปชิ้นส่วนต่าง ๆ ในโรงงาน ซึ่งสามารถตรวจสอบได้จากการพิจารณาแบบจำลองสามมิติ แทนการตรวจสอบกับแบบจำลองสองมิติซึ่งยุ่งยากซับซ้อนกว่า

ด้วยการดำเนินการต่าง ๆ ดังกล่าวนี้ เป็นสิ่งที่ทำให้ปัญหาต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นกับการขึ้นรูปโครงสร้างสะพานเหล็กภายในโรงงานไม่เกิดขึ้น

- **การยืนยันความถูกต้อง โดยการตรวจสอบการทับซ้อนกันระหว่างโครงสร้างหลักและอุปกรณ์ประกอบ**

โดยปกติแล้ว การตรวจสอบการทับซ้อนกันระหว่างโครงสร้างหลักและอุปกรณ์ประกอบ เป็นการตรวจสอบผ่านแบบรายละเอียด 2 มิติ ซึ่งค่อนข้างจะไม่คล่องตัวและอาจเกิดความผิดพลาดตกหล่นได้ง่าย ส่งผลให้เทคโนโลยีการตรวจสอบการทับซ้อนกันระหว่างโครงสร้างหลักและอุปกรณ์ประกอบบนแบบจำลองสามมิติ เป็นสิ่งที่จำเป็นยิ่งก่อนการดำเนินการขึ้นรูปภายในโรงงาน (รูปที่ 3)

การควบคุมข้อมูลบนแบบจำลองสามมิติแบบบูรณาการ

- **ขอบข่าย**

ข้อมูลหลากหลายประเภทจะถูกนำมารวบรวมลงบนแบบจำลองสามมิติ ทั้งข้อมูลของโครงสร้างหลัก และข้อมูลของอุปกรณ์ประกอบ ส่งผลให้ข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้สำหรับการบูรณะบำรุงในอนาคตสามารถแสดงผ่านหน้าจอได้ และนอกเหนือจากข้อมูลพื้นฐานดังกล่าวนี้ ค่าแรงปฏิกิริยาที่ฐานรองรับ แรงปฏิกิริยาที่แผ่นเสริมกำลัง และรวมไปถึงข้อมูลเกี่ยวกับสีป้องกันสนิมของโครงสร้างหลัก ก็สามารถนำมาใส่เพิ่มเติมได้เช่นกัน

- **การควบคุมข้อมูลชิ้นส่วนองค์อาคารสำหรับโครงสร้างหลักแบบบูรณาการ**

ในขั้นตอนของการเตรียมแบบจำลองสามมิติสำหรับงานโครงสร้างหลัก มีความจำเป็นที่จะต้องมีข้อมูลที่เกี่ยวข้องทั้ง เกรดของวัสดุ ความหนาของเหล็กที่ต้องใช้ โดยเพื่อให้ได้ตามที่ต้องการนี้ข้อมูลของชิ้นส่วนโครงสร้างหลักดังกล่าวจะแสดงบนแบบจำลองสามมิติ (ดังรูปที่ 4)

สำหรับกรณีของการเสริมกำลังสะพานในอนาคต เกรดและขนาดของวัสดุเสริมกำลังจะต้องมีการบันทึกลงแบบจำลองสามมิติและสามารถเรียกดูได้ที่หน้าจอ ซึ่งเป็นการพัฒนาประสิทธิภาพการทำงานให้เพิ่มมากยิ่งขึ้นได้

- **การควบคุมระบบบูรณะบำรุงแบบบูรณาการ**

นอกเหนือจากข้อมูลชิ้นส่วนองค์อาคารโครงสร้างหลัก ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการบูรณะบำรุงจะถูกบันทึก และสามารถแสดงผลออกทาง

หน้าจอได้ (ดังรูปที่ 5 และ 6)

นอกจากนี้ นอกเหนือจากข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการบูรณะบำรุง (ดังรูปที่ 5 และ 6) ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับเงื่อนไขของงานออกแบบ แรงปฏิกิริยาของฐานรองรับ ระบบฐานรองรับแบบ base isolation และข้อมูลอื่น ๆ ก็จะถูกบันทึกลงในแบบจำลองเพื่อใช้สำหรับการบูรณะบำรุงสะพานที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นในอนาค

รูปที่ 2 แบบจำลองโครงสร้างหลักสามมิติ
รูปที่ 3 แบบจำลองโครงสร้างหลักและอุปกรณ์ประกอบสามมิติ
รูปที่ 4 ข้อมูลชิ้นส่วนองค์อาคารโครงสร้างหลัก
รูปที่ 5 ข้อมูลการบูรณะบำรุง (แรงปฏิกิริยาที่แผ่นเสริมกำลัง)
รูปที่ 6 ข้อมูลการบูรณะบำรุง (ตารางบันทึกระบบสีกันสนิม)

การทดสอบระบบ CIM และผลสัมฤทธิ์ของการทดสอบ

สำหรับโครงการทดลองการนำระบบ CIM เข้ามาใช้กับงานสะพานดังที่กล่าวถึงนี้ ทั้งโครงสร้างหลักและอุปกรณ์ประกอบจะถูกพัฒนาขึ้นบนแบบจำลองสามมิติ ซึ่งสามารถนำมาใช้กับงานขึ้นรูปภายในโรงงานและงานการตรวจสอบการทับซ้อนกันระหว่างโครงสร้างหลักและอุปกรณ์ประกอบ เพื่อความถูกต้อง เที่ยงตรง และแม่นยำในการทำงาน

ข้อมูลประเภทต่าง ๆ ที่สำคัญ ๆ สามารถตรวจสอบได้ ผ่านแบบจำลองสามมิติบนหน้าจอ โดยการควบคุมข้อมูลบนแบบจำลองสามมิติแบบบูรณาการ ซึ่งเป็นสิ่งที่มีประโยชน์สำหรับงานบูรณะบำรุงสะพานเป็นอย่างยิ่งในอนาคต

สิ่งที่จำเป็น ในแง่ของการส่งเสริมการนำระบบ CIM เข้ามาใช้ ที่ต้องดำเนินการต่อจากนี้ คือ การแบ่งระดับของข้อมูลงานบูรณะบำรุงสะพานและประสิทธิภาพของข้อมูลงานบูรณะบำรุงบนแบบจำลองสามมิติ

ในท้ายที่สุด เราขอแสดงความขอบคุณ ต่อเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง จาก Tottori River สำนักงานทางหลวงแห่งชาติ สำนักพัฒนาพื้นที่เขต Chugoku และ สมาคมงานก่อสร้างแห่งประเทศญี่ปุ่น ที่ได้ให้การสนับสนุน และได้ให้คำแนะนำในการจัดเตรียมบทความฉบับนี้ มา ณ โอกาสนี้

Fig. 1 Data Preparation Procedures

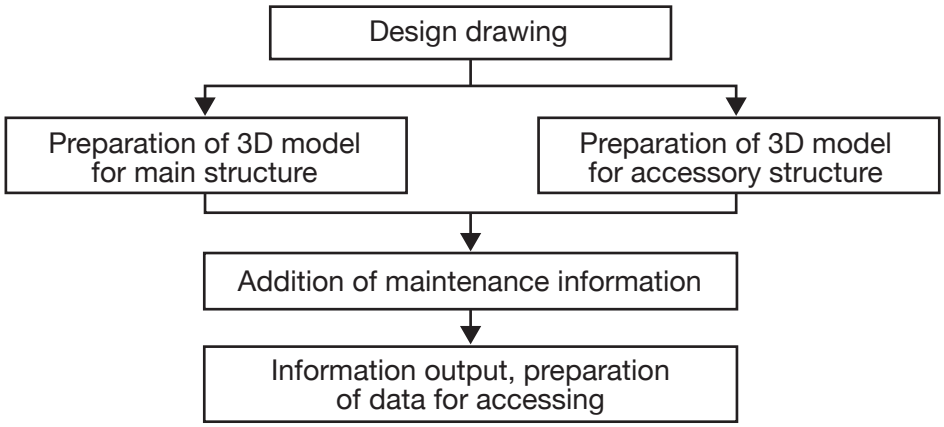


Fig. 2 Three-dimensional Model for Main Structures

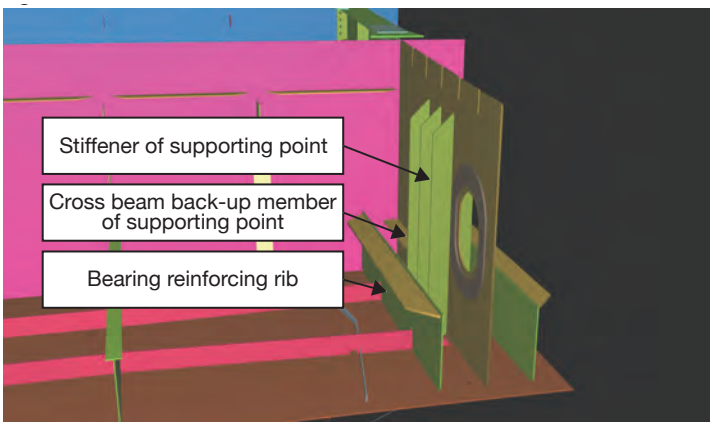


Fig. 3 Three-dimensional Model for Main Structures and Accessory Facilities

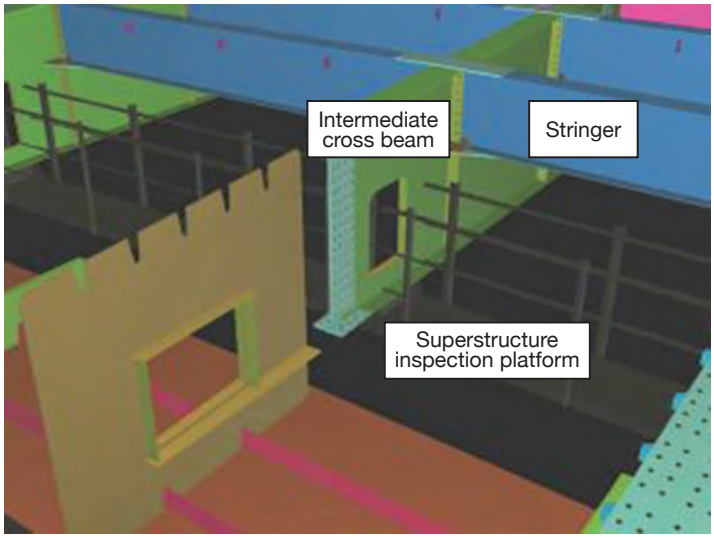


Fig. 4 Information on Members of Main Structures
Information on members of main structures

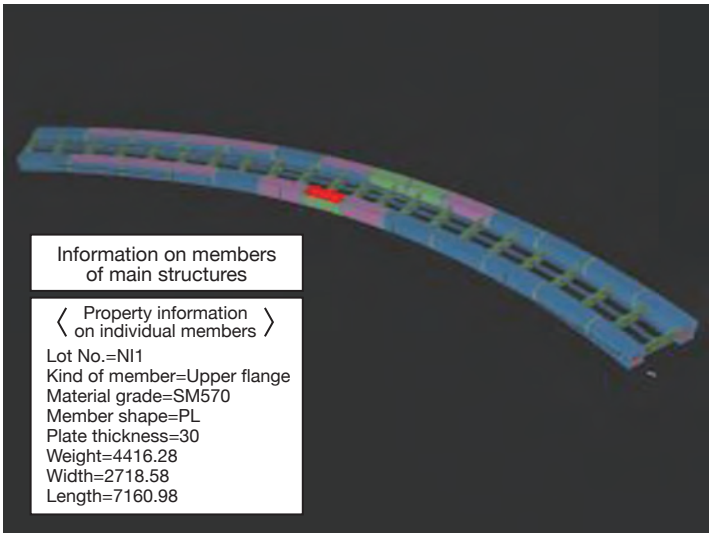


Fig. 5 Maintenance Information (Jack-up Stiffener Design Reaction Force)

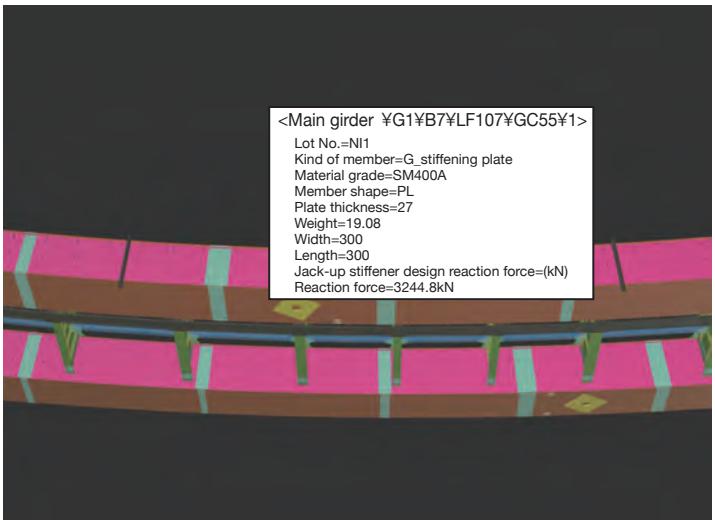
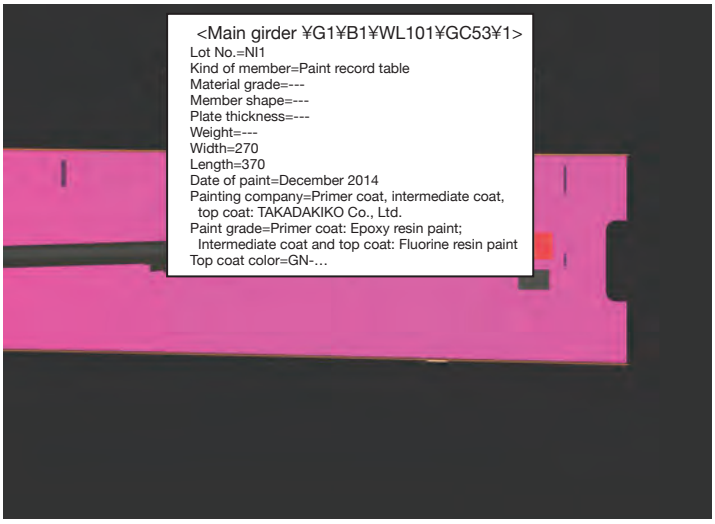


Fig. 6 Maintenance Information (Paint Record Table)



(หน้า 17~18)
บทความพิเศษ: สเตนเลส

การประยุกต์ใช้สเตนเลส กับงานโครงสร้างในประเทศญี่ปุ่น
โดย Yosumi Shimura (ฝ่ายการพัฒนาผลิตภัณฑ์ บริษัท Nippon Steel & Sumikin Stainless Steel)

หากพิจารณาถึงการนำสเตนเลสไปใช้ในกลุ่มงานแต่ละประเภทในประเทศญี่ปุ่นแล้ว การนำสเตนเลสไปใช้กับงานโครงสร้างมาเป็นลำดับที่สาม ตามหลังกลุ่มงานยานยนต์ และงานอุปกรณ์ที่ใช้ในบ้านหรือสำนักงาน โดยในส่วนของงานโครงสร้าง สเตนเลสได้มีการนำมาใช้อย่างแพร่หลายกับงานผนัง หลังคา และส่วนประกอบอื่น ๆ ที่ต้องการความทนทานต่อการเกิดสนิม ตลอดจนความต้องการด้านความสวยงาม สำหรับส่วนของโครงสร้างแล้ว สเตนเลส ได้มีการนำมาใช้เป็น เหล็กแผ่นบาง ซึ่งแนวโน้มการนำไปใช้งานก็มีความเป็นไปได้มากที่จะเพิ่มสูงขึ้น

ด้วยความต้องการด้านความทนทานต่อการเกิดแผ่นดินไหวและการเกิดสนิมต่อโครงสร้างหลักของอาคาร ข้อกำหนดในการออกแบบก็ได้มีการปรับปรุงแก้ไขให้เหมาะสมตามลักษณะงานก่อสร้างแต่ละประเภท โดยสำหรับสเตนเลสแล้ว มีความจำเป็นที่จะต้องสร้างความตระหนักให้แก่ผู้ใช้ และให้ผู้ใช้ได้มั่นใจถึงความปลอดภัยหากนำไปใช้เป็นส่วนโครงสร้างองค์อาคาร ตารางที่ 1 แสดงให้เห็นถึงเกรดของสเตนเลสที่ได้มีการระบุในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ที่ใช้สำหรับงานก่อสร้าง และแม้ว่าสเตนเลสจะถูกระบุไว้ในมาตรฐาน แต่กระบวนการและเทคโนโลยีในการนำไปใช้งานก่อสร้างจริงจำเป็นต้องได้รับการพิสูจน์ต่อไป

สเตนเลสสำหรับงานโครงสร้างนั้น ได้มีการระบุไว้ใน มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของประเทศญี่ปุ่น หรือ Japanese Industrial Standard (JIS) และนอกจากผลิตภัณฑ์ที่ระบุแล้ว สเตนเลสประเภทดูเพล็กซ์ (duplex stainless steel) เกรด SUS821L1 SUS32304 และ SUS329J3L ก็ได้มีการระบุไว้ในมาตรฐานต่าง ๆ อีกเช่นกัน (อ้างอิงตารางที่ 2)

ตารางที่ 1 เกรดของสเตนเลสที่ได้มีการระบุในมาตรฐานผลิตภัณฑ์
ตารางที่ 2 เกรดของสเตนเลสประเภทดูเพล็กซ์ที่ได้มีการระบุในมาตรฐานผลิตภัณฑ์

การประยุกต์ใช้งานสเตนเลสกับงานโครงสร้างในปัจจุบัน

สเตนเลสประเภทหลัก ๆ ที่นำมาใช้ในงานก่อสร้างได้แก่ SUS304 SUS304N2 และ SUS316 อย่างไรก็ดี การประยุกต์ใช้สเตนเลสกับงานโครงสร้างก็มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น ด้วยเหตุที่สเตนเลส มีกำลังรับแรงที่สูง และมีความคุ้มค่าในการนำไปใช้ โดยมีตัวอย่างแสดงดังต่อไปนี้

- **SUS329J3L**

สำหรับผนังที่ใช้ปิดช่องระบายอากาศที่ต่อกับพื้นที่ศูนย์การค้าชั้นใต้ดิน ที่สถานีรถไฟฟ้าโตเกียว (Tokyo station) ช่องทางออก Yaesu พื้นผิวของผนังจะถูกตกแต่งด้วยต้นไม้ และสเตเลส เป็นบางส่วน ซึ่งช่วยให้ช่องเปิดระบายอากาศ มีความกลมกลืนกับสภาพแวดล้อมโดยรอบ (ดูภาพที่ 1) ซึ่งหากพิจารณาถึงผลกระทบจากการฉีดน้ำเพื่อดูแลต้นไม้ที่นำมาตกแต่ง อันอาจส่งผลต่อการเกิดสนิม และการลดน้ำหนักที่กระทบกับโครงสร้างพื้นที่ศูนย์การค้าใต้ดินแล้ว จึงได้มีการนำ สเตนเลส SUS329J3L เข้ามาใช้

- **SUS323L**

สำหรับโครงสร้างที่อยู่ติดน้ำ สเตนเลสได้ถูกนำมาใช้กับงานเชื่อนและประตูระบายน้ำ ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา และมีการนำมาใช้เพิ่มขึ้นต่อเนื่องเพื่อลดปริมาณงานบูรณะบำรุง รูปที่ 2 แสดงให้เห็นถึงการนำสเตเลส เกรด SUS323L เข้ามาใช้กับงานประตูระบายน้ำ ซึ่งส่งผลให้ประตูระบายน้ำมีน้ำหนักที่เบาลง ลดขนาดของรอกที่นำมาใช้ และลดขนาดฐานรากลงได้ โดยการนำสเตเลสเข้ามาใช้กับงานประตูระบายน้ำถือได้ว่าเป็นการสร้างความคุ้มค่าในงานก่อสร้างให้เกิดขึ้นกับงานก่อสร้างประตูระบายน้ำได้

- **SUS821L1**

สำหรับการสร้างแหล่งพลังงานทนแทนเพื่อความมั่นคงทางพลังงาน การผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ถือเป็นทางเลือกที่ได้รับความนิยมอย่างต่อเนื่อง โดยได้มีการนำสเตนเลสเข้ามาให้ก่อสร้างโครงรับแผงผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ (solar panel) อันส่งผลต่อปริมาณวัสดุที่ลดลง และการลดระยะเวลาในการก่อสร้าง จากประสิทธิภาพในการประกอบติดตั้งโครงสร้างน้ำหนักเบาได้ง่าย โดยเฉพาะในพื้นที่ก่อสร้างขนาดใหญ่ ซึ่งส่งผลให้ต้นทุนในงานก่อสร้างโดยรวมที่ลดลงได้

- **SUS329J4L**

ในงานก่อสร้างโรงงานผลิตน้ำประปา ได้มีการนำสเตนเลสเข้ามาใช้ในงานก่อสร้าง ภาพที่ 4 แสดงถังเก็บน้ำที่ก่อสร้างด้วย สเตนเลส เกรด SUS329J4L โดยสำหรับถังเก็บน้ำสะอาดสำหรับใช้ดื่ม และส่วนที่จะจ่ายน้ำสะอาดออกไปนั้น บริเวณที่ต้องสัมผัสกับไอน้ำจำเป็นต้องก่อสร้างด้วยวัสดุทนสนิม ซึ่งต้องได้รับการยืนยันผ่านการผลทดสอบก่อนนำมาใช้ นอกจากนี้ สเตนเลสรีดร้อน เกรด SUS328J4L ยังได้ถูกนำมาใช้เป็นตัวโครงที่อยู่ภายในถังเก็บน้ำด้วย

ภาพที่ 1 ช่องเปิดระบายอากาศที่สถานีโตเกียว
ภาพที่ 2 ประตูน้ำ (บริเวณจุดระบายน้ำ)
ภาพที่ 3 โครงรับแผงแผงผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์
ภาพที่ 4 ถังกักเก็บน้ำที่ Atami *Baien*

แนวโน้มการใช้งานที่เพิ่มขึ้นของสเตนเลสประเภทดูเพล็กซ์ (duplex stainless steel)

แม้ว่าสเตนเลสจะมีราคาแพงกว่าเหล็กกล้าทั่ว ๆ ไปมาก แต่ปริมาณความต้องการสเตนเลสกลับเพิ่มสูงมากขึ้น ในกลุ่มงานซ่อมบำรุงและงานตกแต่งที่ต้องการความสวยาม และการขจัดงานซ่อมบำรุง อันส่งผลต่อการลด “ต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิต (lifecycle cost)” โดยทั้งนี้ สเตนเลสประเภทดูเพล็กซ์ เป็นวัสดุที่มีกำลังรับแรงที่สูงอันส่งผลต่อการลดปริมาณการใช้วัสดุลง นั่นหมายความว่า เป็นวัสดุที่ให้ความคุ้มค่าหากเลือกใช้ และส่งผลต่อการเติบโตที่เพิ่มสูงขึ้นในอนาคต

Table 1 Grades of Stainless Steel Specified in Various Standards

Target facilities in construction standards, and building standards	Stainless steel grades
Dam, weir	SUS304, SUS316
Water service (aqueduct)	SUS304, SUS316
Water service (reservoir)	SUS304, SUS316, SUS329J4L
Building Standard Law	SUS304, SUS316, SUS304N2

Table 2 Grades of Duplex Stainless Steel Specified in Various Standards

JIS	ASTM	EN
SUS821L1	S82122	–
SUS323L	S32304	1.4362
SUS329J3L	S32803, S32205	1.4462
SUS329J4L	–	1.4507
SUS327L1	S32750	1.441

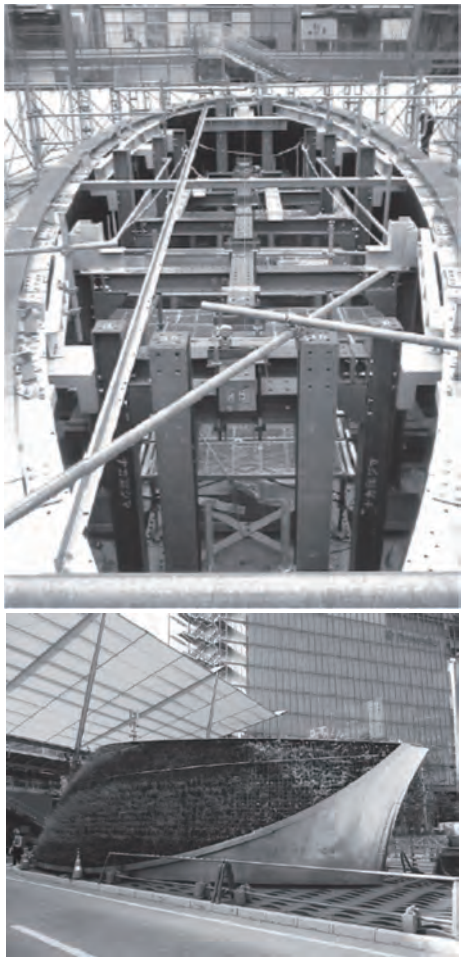


Photo 1 Ventilation opening cover at the Tokyo Station

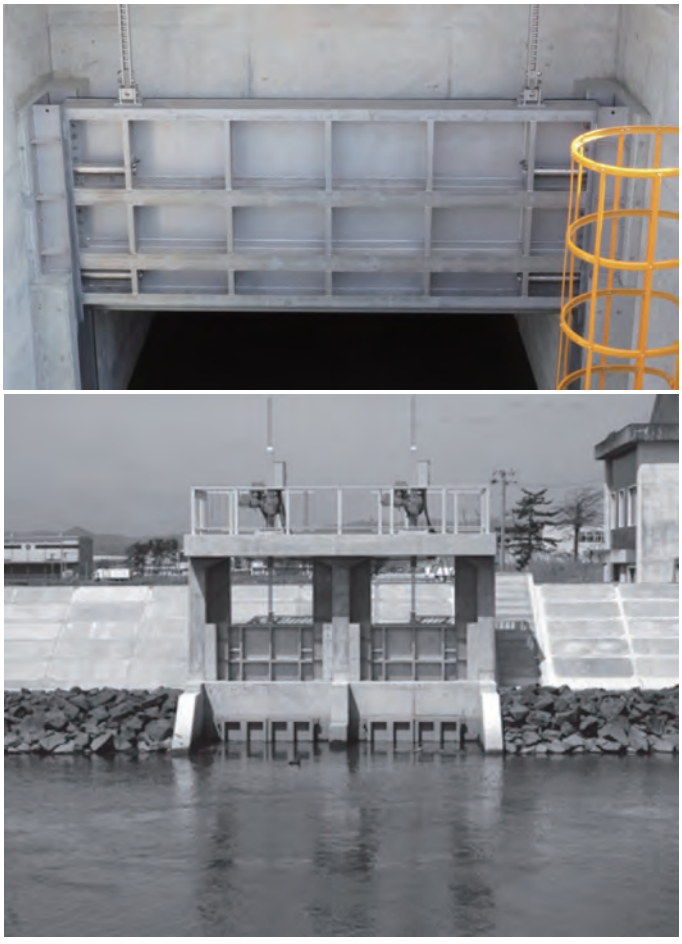


Photo 2 Floodgate (sluicing outlet)

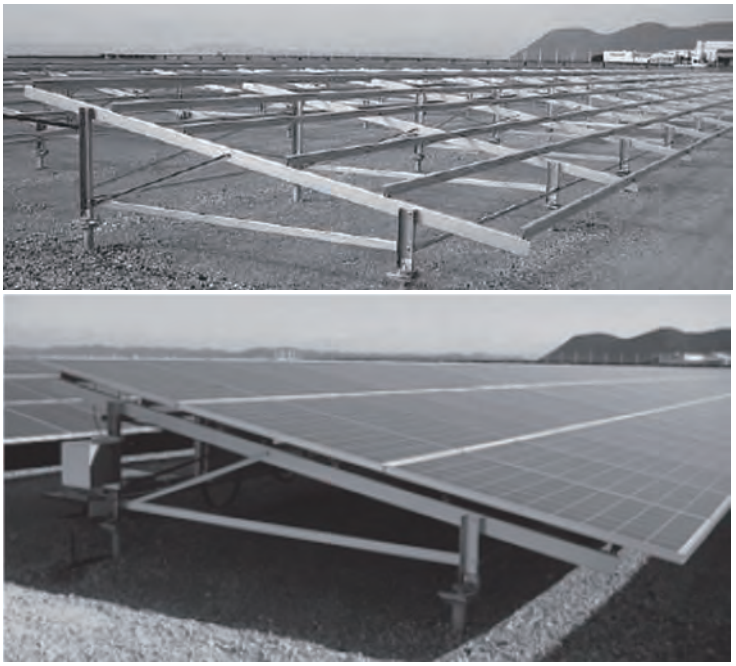


Photo 3 Solar panel framing

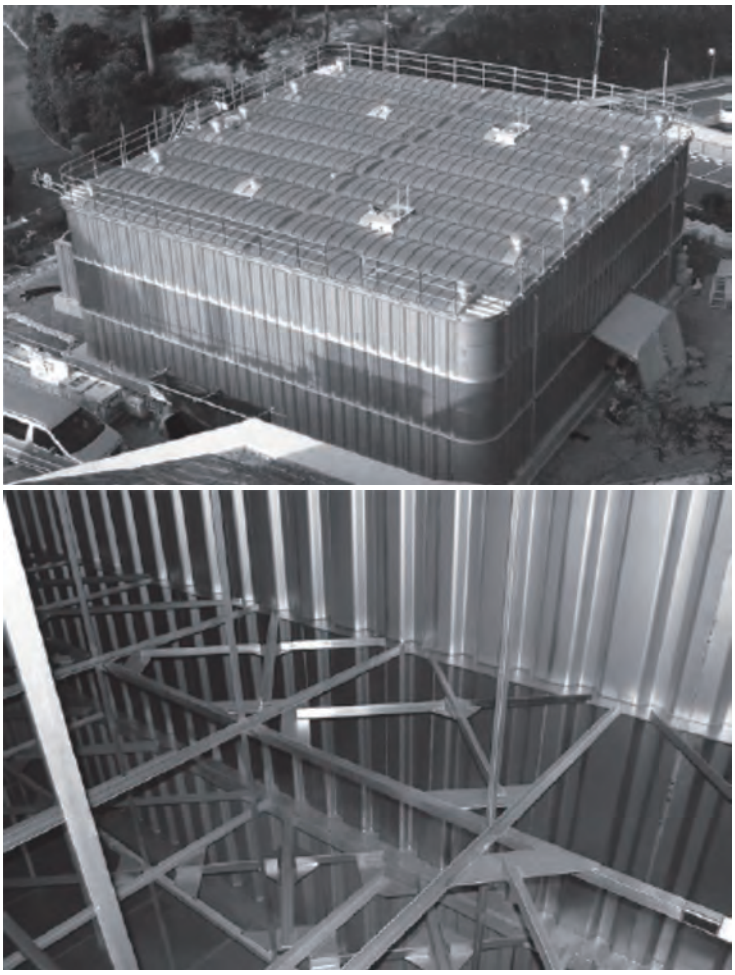


Photo 4 Atami Baien service reservoir

(ปกหลัง)
การดำเนินกิจกรรมของสมาคมเหล็กก่อสร้างแห่งประเทศญี่ปุ่น
JSSC Symposium 2015 สำหรับงานก่อสร้างด้วยโครงสร้างเหล็ก, ในโอกาสครบรอบ 50 ปีของการก่อตั้งสมาคมเหล็กก่อสร้างแห่งประเทศญี่ปุ่น
——"นวัตกรรมงานก่อสร้างด้วยโครงสร้างเหล็ก"**——**

ในช่วงระหว่างวันที่ 18 ถึง 20 พฤศจิกายน 2558 ได้มีการจัดประชุมสัมมนา ในหัวข้อที่เกี่ยวข้องกับงานก่อสร้างด้วยโครงสร้างเหล็ก ซึ่งสนับสนุนโดยสมาคมเหล็กก่อสร้างแห่งประเทศญี่ปุ่น หรือ JSSC ที่กรุงโตเกียว ประเทศญี่ปุ่น โดยมีหัวข้อพิเศษ (ดังแสดงในส่วนที่ 1 และส่วนที่ 2) ชื่อว่า "นวัตกรรมงานก่อสร้างด้วยโครงสร้างเหล็ก" ในโอกาสครบรอบ 50 ปีของการก่อตั้งสมาคมเหล็กก่อสร้างแห่งประเทศญี่ปุ่น

ในส่วนที่ 1 การบรรยายพิเศษ ภายใต้หัวข้อ "ผู้นำแห่งเทคโนโลยี – บทบาทและความท้าทาย" ซึ่งประกอบไปด้วยการบรรยายจากนักวิจัย ที่ได้มีส่วนร่วมในงานนวัตกรรมในหลากหลายสาขา เช่น สาขาที่เกี่ยวข้องกับสถานีผลิตพลังงานจากแสงอาทิตย์และหอคอยส่งพลังงานในรูปของไมโครเวฟในอวกาศ และ สาขาที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาด้านเทคโนโลยีอากาศยานไร้คนขับ ที่ชื่อว่า "Hayabusa"

ในส่วนที่ 2 เป็นการเสวนาพิเศษ ที่เกิดขึ้นภายใต้หัวข้อ "งานก่อสร้างที่เปลี่ยนปัจจุบัน สู่อนาคต" ซึ่งได้เน้นถึงเทคโนโลยีล่าสุดที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนา และเทคโนโลยีในงานก่อสร้างด้วยโครงสร้างเหล็ก

ภายในงานประชุมสัมมนา ได้มีกิจกรรมอื่น ๆ อันประกอบไปด้วย การสัมมนาเชิงวิชาการที่เป็นกิจกรรมประจำปี ซึ่งได้ริเริ่มขึ้นเพื่อเป็นเวทีให้กับวิศวกรรุ่นใหม่ ๆ ได้นำเสนอผลการศึกษาวิจัย โดยสมาคมเหล็กก่อสร้างแห่งประเทศญี่ปุ่นกฌได้มอบรางวัลผลงานที่ประสบความสำเร็จอันโดดเด่น (อ้างอิงหน้า 1-7) และ รางวัลชนะเลิศภายในงานประชุมเสวนาภายใต้หัวข้อ "พัฒนาการด้านเหล็ก เหล็กกล้า และการนำไปใช้" ซึ่งได้รับการสนับสนุนจากทั้ง สมาคมเหล็กก่อสร้างแห่งประเทศญี่ปุ่น และสมาพันธ์เหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศญี่ปุ่น พร้อมกันนี้ยังได้มีการ "จัดแสดงศักยภาพองค์กร" ในรูปของการเสวนา สำหรับผู้ประกอบการที่เป็นสมาชิกของสมาคมเหล็กก่อสร้างแห่งประเทศญี่ปุ่น เพื่อเป็นการสร้างความตระหนักให้แก่สาธารณชนทั่วไปทั้งข้อมูลด้านเทคนิค และข้อมูลด้านอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

กิจกรรมต่าง ๆ ทั้งหมดนี้ ได้นำเสนอให้กับผู้เข้าร่วมกิจกรรม (รวมกว่า 1,500 ราย) ซึ่งประกอบไปด้วยวิศวกรโครงสร้างเหล็กและนักวิจัย รวมถึงมีเวทีเพื่อการสื่อสารพูดคุยหารือแลกเปลี่ยนระหว่างกัน

โปสเตอร์ สำหรับ งานประชุมสัมมนา ปี 2015 "นวัตกรรมงานก่อสร้างด้วยโครงสร้างเหล็ก"

สาสน์จากประธานคณะกรรมการกิจการนานาชาติ
Kuniei Nogami
ประธานคณะกรรมการกิจการนานาชาติ *(JSSC)*
(Professor, Tokyo Metropolitan University)

เริ่มตั้งแต่ นิตยสาร *Steel Construction Today & Tomorrow* ฉบับที่ 26 ซึ่งได้ตีพิมพ์ในปี พ.ศ. 2552 คณะกรรมการภายในของเรามีหน้าที่วางแผนการตรวจสอบแก้ไขวารสารหนึ่งฉบับที่จะออกในแต่ละปี (ปีละ 3 ฉบับ) ตั้งแต่ได้เริ่มดำเนินการ สมาคมเหล็กก่อสร้างแห่งประเทศญี่ปุ่น ก็ได้มีกิจกรรมต่าง ๆ มากมาย ทั้งในรูปของการสำรวจ การวิจัย การพัฒนาด้านเทคโนโลยี ที่มุ่งเน้นให้เกิดการใช้งานโครงสร้างเหล็กที่มีประสิทธิภาพ ตลอดจนการประสานความร่วมมือกับองค์กรต่างประเทศจำนวนมาก

ในปีนี้ถือเป็นการรบรอบการก่อตั้ง สมาคมเหล็กก่อสร้างแห่งประเทศญี่ปุ่น (JSSC) ปีที่ 50 ซึ่งคณะกรรมการกิจการนานาชาติก็ได้ดำเนินการจัดประชุมเสวนา2015 JSSC Symposium ด้านงานโครงสร้างเหล็กขึ้น มองไปอีก 50 ปีข้างหน้า เราก็ยังคงจะขยายงานด้านการก่อสร้างด้วยโครงสร้างเหล็ก และการพัฒนาด้านเทคโนโลยีอย่างต่อเนื่อง ในขณะที่เราก็จะยังคงดำเนินกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการเผยแพร่ข้อมูลที่เกี่ยวข้องออกสู่สาธารณชนทั่วโลกต่อไป

ดังที่ได้เคยน้ำเสนอ ในนิตยสารฉบับที่ 44 ซึ่งเป็นฉบับที่คณะกรรมการของ JSSC ได้รับผิดชอบ ฉบับที่ 47 ก็เป็นอีกฉบับที่ได้นำเสนอผลงานอันยอดเยี่ยมที่ได้รับรางวัลในปี 2015 พร้อมกันนี้ในฉบับนี้ ยังได้เสนอหัวข้อที่เกี่ยวข้องกับระบบ BIM (building information modeling) สำหรับงานอาคาร และระบบ CIM (construction information modeling) สำหรับงานสาธารณูปโภค ซึ่งได้มีการนำมาใช้ในประเทศญี่ปุ่น ตั้งแต่งานออกแบบ ก่อสร้าง และงานบำรุงรักษา ซึ่งก็ได้นะมานำเสนอในงานประชุมสัมมนา ปี 2015 "นวัตกรรมงานก่อสร้างด้วยโครงสร้างเหล็ก" ในโอกาสครบรอบ 50 ปีของการก่อตั้งสมาคมเหล็กก่อสร้างแห่งประเทศญี่ปุ่นนี้ด้วย

คณะกรรมการต่างประเทศ แม้ว่าจะดำเนินการในหลากหลายมิติที่เกี่ยวข้องกับมาตรฐานแล้ว ก็ยังได้ดำเนินการส่งเสริมให้เกิดการแลกเปลี่ยนข้อมูลด้านเทคนิค และแลกเปลี่ยนบุคลากรระหว่างประเทศญี่ปุ่นและองค์กรต่างประเทศ เพื่อมุ่งหวังไว้เกิดการประชาสัมพันธ์ถึงกิจการของ JSSC แนวโน้มด้านงานก่อสร้างด้วยโครงสร้างเหล็ก และการพัฒนาด้านเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับงานวางแผน งานออกแบบ และงานก่อสร้างอาคารโครงสร้างเหล็กในประเทศญี่ปุ่นต่อไป

หากท่านต้องการข้อมูลหรือรายละเอียดอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติม ที่เกี่ยวข้องกับบทความในนิตยสาร หรือข้อมูลด้านเทคนิคอื่น ๆ สามารถติดต่อฝ่ายเลขานุการของ JSSC ได้ (info-jssc@jssc.or.jp)

Poster prepared for the 2015 symposium
“Innovations from Steel Construction!”