

STEEL CONSTRUCTION TODAY & TOMORROW

(ฉบับที่ 31 – เดือน พฤศจิกายน 2010)

งานเผยแพร่ร่วมกันของ สมาพันธ์เหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทย
และ สมาคมโครงสร้างเหล็กแห่งประเทศไทย

ฉบับภาษาไทย

หนังสือ Steel Construction Today & Tomorrow ฉบับภาษาอังกฤษได้รับการตีพิมพ์ปีละสามครั้ง และเผยแพร่ไปทั่วโลกให้แก่ผู้บริหารและองค์กรอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องหรือสนใจ วัตถุประสงค์หลักของการเผยแพร่คือการนำเสนอมาตรฐานและข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องกับงานโครงสร้างเหล็ก ยกตัวอย่างเช่น โครงการก่อสร้างในรูปแบบใหม่ ๆ เทคโนโลยีขั้นสูง สำหรับการก่อสร้างและการเลือกใช้วัสดุ รวมไปถึงข่าวสารในแวดวงงานก่อสร้างอาคารและงานวิศวกรรมโยธา

เพื่อให้ผู้อ่านชาวไทยเข้าใจบทความในนิตยสารฉบับนี้ได้ง่ายขึ้น เราจึงได้จัดทำฉบับภาษาไทยที่มีเฉพาะส่วนของตัวหนังสือแนบเอาไว้กับฉบับภาษาอังกฤษ ส่วนภาพถ่าย ภาพตัวอย่างประกอบและตาราง จะถูกนำมาแสดงไว้ในฉบับภาษาไทยเฉพาะที่เป็นชื่อหรือคำบรรยาย เพราะฉะนั้นในการอ่านควรอ้างอิงถึงเนื้อหาของหนังสือฉบับภาษาอังกฤษควบคู่กันไป นอกจากนี้เมื่อต้องการข้อความหรือคำศัพท์ทางเทคนิคที่ถูกต้อง หรือต้องการรายละเอียดทางเทคนิคเพิ่มเติม กรุณาอ้างอิงถึงหนังสือฉบับภาษาอังกฤษ ด้วยเช่นกัน

ฉบับที่ 31 – เดือนพฤศจิกายน 2010 : สารบัญ

แนวโน้มทางเทคโนโลยีและพัฒนาการของโครงสร้างประเภทโครงเหล็ก (Steel Frame) _____ 1~2

บทความเด่น : *Tokyo Sky Tree*

การสร้างสรรค์ภูมิทัศน์ที่เหนือกาลเวลา _____ 3~4

ภาพรวมของโครงสร้าง _____ 5~9

การก่อสร้างหอคอยสูงให้เป็นผลงานระดับโลก _____ 10~13

ท่อเหล็กกำลังสูง _____ 14~15

เสา CFT สำหรับโครงสร้างอาคาร _____ 16~18

การอบรมและสัมมนาเชิงปฏิบัติการเกี่ยวกับเหล็กสำหรับการก่อสร้างในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ _____ ปก หลัง

(หน้า 1~2)

แนวโน้มทางเทคโนโลยีและพัฒนาการของโครงสร้างประเภทโครงเหล็ก (Steel Frame)

โดย โคจิ โมริตะ

ศาสตราจารย์กิตติคุณแห่งมหาวิทยาลัยโตเกียวเดนกิ, ศาสตราจารย์แห่งคณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยชิบะ

การเพิ่มขึ้นของการใช้งานโครงสร้างต้านแผ่นดินไหว

รูปที่ 1 แสดงให้เห็นถึงจำนวนร้อยละของอาคารโครงเหล็กที่เป็นอาคารสูง (สูงตั้งแต่ 60 เมตรขึ้นไป) ที่ออกแบบตั้งแต่ปี 2000 จนถึงปี 2006 (คิดตามปีงบประมาณ) ซึ่งได้นำเอาอุปกรณ์ควบคุมการสั่นไหวและฐานรองรับแบบ Base-Isolation มาใช้

รูปที่ 2 แสดงให้เห็นอัตราส่วนอุปกรณ์ Dampers แบบต่าง ๆ ที่ถูกนำมาใช้

โดยในหลักการแล้วจะมีการนำเอา Hysteresis Dampers มาใช้อยู่สามแบบ ได้แก่ กำแพงแผ่นเหล็กต้านทานแรงสั่นสะเทือนที่ก่อสร้างโดยใช้เหล็กที่มีกำลังรับน้ำหนักที่จุดครากต่ำ (Low-Yield Point Steel) ซึ่งขีดจำกัดต่ำสุดของกำลังรับน้ำหนักที่จุดคราก หรือ Lower Yield Point Limit (ตัวเลขในวงเล็บแสดง กำลังรับแรงดึงต่ำสุดของเหล็ก หรือ Lower Limit for Tensile Strength) ที่ 80 (200) N/mm² และ 205 (300) N/mm²; หรือการใช้แผ่นรับแรงเฉือนในค้ำยันและ สดัดรูปตัว Y; และการใช้ค้ำยันไร้การโก่งเดาะ (Buckling-Restrained Brace) ซึ่งใช้เหล็กกล้าที่มีกำลังรับน้ำหนักที่จุดครากต่ำ รวมถึงการใช้เหล็กชนิด SN490B เป็นวัสดุในการทำค้ำยัน โดยปริมาณหรืออัตราการใช้อุปกรณ์ Hysteresis Dampers ในการก่อสร้างอาคารอยู่ที่ระหว่าง 40% และ 65% ของอาคารทั้งหมด

Dampers แบบหนืด (Viscous-Type Damper) คือการใช้วัสดุที่มีคุณสมบัติยืดหยุ่นและมีความหนืด โดยเป็น Dampers ที่ดูดซับพลังงานโดยให้มีการเกิดการเสียรูปแบบเฉือน (Shear Deformation) ของวัสดุหนืดภายใน และ Dampers แบบใช้น้ำมัน ซึ่งใช้กลไกลูกสูบในการดูดซับพลังงาน ซึ่งอัตราส่วนของ Dampers แบบหนืดที่ถูกใช้ในแต่ละปีจะอยู่ในช่วงตั้งแต่ร้อยละ 30 % จนถึงมากกว่า 40 % (อ้างอิงจากรูปที่ 2)

นอกจากนี้ ในปัจจุบันยังมีความพยายามที่จะพัฒนาวัตรกรรม-Dampers แบบใหม่ ๆ สำหรับนำไปใช้ในการออกแบบอาคาร เพิ่มมากขึ้นอีกด้วย

สำหรับอาคารโครงเหล็กที่มีความสูงในระดับต่ำและระดับกลาง ยังมีการใช้วิธีที่หลากหลายเพื่อ

ปรับปรุงคุณสมบัติในการต้านทานการสั่นไหวของโครงสร้างซึ่งถูกนำมาใช้ โดยขึ้นอยู่กับการใช้งานและความสำคัญของอาคาร โดยสำหรับอาคารที่อยู่ในเขตพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดแผ่นดินไหวชั้นรุนแรงก็จะมีข้อกำหนดค่าตัวแปรในการออกแบบไว้ในระดับที่สูงกว่าอาคารทั่วไป นอกจากนี้ในการพัฒนาวิธีออกแบบเพื่อลดความระดับความเสียหายแก่อาคาร การติดตั้ง Hysteresis Dampers เพื่อที่จะยับยั้งความเสียหายต่อโครงเหล็กนั้นได้รับการพิจารณาว่ามีประสิทธิภาพ และเพื่อส่งเสริมวิธีการออกแบบเพื่อต้านทานแรงสั่นสะเทือนในการก่อสร้างอาคารที่มีความสูงระดับต่ำถึงระดับปานกลาง การพัฒนา Dampers ที่มีความเหมาะสมสำหรับอาคารดังกล่าวจึงมีความสำคัญและต้องสามารถซ่อมแซมได้ง่ายภายหลังการเกิดเหตุภัยพิบัติ อีกทั้งการพัฒนาแบบรายละเอียดของการรอยต่อที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการทำรอยต่อระหว่าง Dampers กับโครงสร้างก็ถือเป็นเรื่องที่สำคัญเช่นกัน

ผลิตภัณฑ์เหล็กชนิดต่าง ๆ สำหรับงานโครงสร้าง

นอกเหนือจากเหล็กกล้าทั่วไปที่มีจุด Lower Yield Point Limit (Lower Limit for Tensile Strength) ที่ 235 (400), 325 (490), 355 (520) และ 440 (590) N/mm², รัฐบาลญี่ปุ่นได้อนุมัติให้มีการผลิตเหล็ก ซึ่งมีกำลังของจุด Lower Yield Point Limit (Lower Limit for Tensile Strength) ที่หลากหลาย อันได้แก่

- เหล็กกล้าที่ใช้สำหรับทำเหล็กแผ่นและท่อกลม: 385 (550), 400 (490) ($f_{HAZ} \leq 0.58$ สำหรับเหล็กแผ่น), 440 (590) (SA440 แบบดั้งเดิม สำหรับเหล็กแผ่น), 500 (590), 630 (780) and 700 (780) (เฉพาะเหล็กแผ่น H-SA700)-N/mm² และ
- เหล็กกล้าที่ใช้สำหรับทำท่อสี่เหลี่ยม: 385 (550), 400 (490) ($f_{HAZ} \leq 0.58$) และ 440 (590)-N/mm².

ในขณะที่เหล็กบางชนิดจำเป็นต้องมีการขออนุมัติในขั้นตอนของการออกแบบโครงสร้าง เนื่องจากผลิตภัณฑ์เหล็กที่ใช้ในการก่อสร้างในปัจจุบันมีการเพิ่มช่วงของกำลังรับน้ำหนักที่จุดครากจากเดิมที่อยู่ในช่วง 235 N/mm² เป็น 700 N/mm² นอกจากนี้ สำหรับแผ่นเหล็กกล้าที่มีจุดครากตั้งแต่ 325 N/mm² ถึง 440 N/mm² นั้น ได้มีการพัฒนาเป็นเหล็กกล้าเพื่อใช้ในการเชื่อมด้วยความร้อนสูง

ในบรรดาผลิตภัณฑ์เหล็กทั้งหลาย เหล็กแผ่นที่มีจุดครากเท่ากับ 325 N/mm² หรือมากกว่า และมีความหนาที่ 40 mm หรือมากกว่า ได้ถูกผลิตขึ้นโดยอาศัยกลไกอุณหภูมิประเภทใช้น้ำในการระบายความร้อน (Water Cooling - Type TMCP) และโดยกระบวนการ QQ'T ซึ่งเกี่ยวเนื่องกับการชุบแข็งขึ้นต้นตามด้วย

ขั้นตอนการชุบแข็งและการคืนตัว อย่างไรก็ตามสำหรับผลิตภัณฑ์เหล็กกล้าที่มีกำลังรับแรงดึงต่ำกว่า 780 N/mm² นั้น ได้มีการคาดการณ์ว่าเหล็กที่มีความสามารถในการเชื่อมสูงจะถูกพัฒนาไปพร้อมกับวัสดุที่ใช้เชื่อม ที่สามารถคงความแกร่ง (Toughness) ในวัสดุที่ใช้เชื่อมไว้ได้ โดยที่ไม่ทำให้ความแกร่งในวัสดุหลักลดลง ยิ่งกว่านั้นยังต้องมีการพิจารณาว่ามีความจำเป็นที่ต้องเก็บข้อมูลทางสถิติที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติเชิงกลของผลิตภัณฑ์เหล็กที่ถูกผลิตขึ้นโดยใช้ชนิดของเหล็กที่หลากหลายร่วมกับวิธีการเชื่อมแบบต่าง ๆ เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการออกแบบต่อไป

รูปที่ 3 แสดงถึงอัตราส่วนของกำลังสูงสุด (จุดจำกัดต่ำสุดของกำลังต้านทานแรงดึง) ของผลิตภัณฑ์เหล็กที่นำมาใช้เป็นเสาของโครงเหล็กในอาคารสูง เมื่อผลิตภัณฑ์เหล่านี้ได้รับการแบ่งประเภทโดยกระบวนการผลิต พบว่าเหล็กชนิด 325 (490) N/mm² ที่ผลิตด้วยการรีดร้อนมีจำนวนถึงเกือบ 30% และชนิด 325 (490), 355 (520) และ 385 (550) N/mm² ที่ผลิตด้วยวิธี TMCP รวมถึงเหล็กชนิด 440(590) N/mm² ที่ผ่านกระบวนการ QQT มีสัดส่วนการใช้งานเกือบ 70 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อเร็ว ๆ นี้เองผลิตภัณฑ์เหล็กที่ผ่านกระบวนการ QQT ได้ถูกนำไปใช้ในรูปแบบเหล็กแผ่นในโครงสร้างกำแพงรับแรงดันในอาคารสูงหรืออาคารที่มีช่วงระหว่างเสามาก ๆ รวมถึงในกำแพงขนาดใหญ่ และท่อเหล็กกรอกคอนกรีตที่ใช้เป็นเสา ซึ่งใช้เหล็กที่มีขีดจำกัดความยืดหยุ่น (Elastic Limit) สูงในการออกแบบ

สำหรับ Tokyo Sky Tree ซึ่งเป็นหอคอยสูงที่ออกแบบไว้เพื่อการส่งสัญญาณคลื่นวิทยุในกรุงโตเกียว นั้น กำแพง Heavy Wall และท่อเหล็กขนาดใหญ่ที่ใช้ในการก่อสร้างก่อนจะมีการนำเหล็กที่มีจุดคราก 630 (780) N/mm² มาใช้ตามลักษณะของโครงสร้างที่เหมาะสม

เป็นที่ทราบกันว่ากรอกแบบโครงสร้างได้ถูกขยายขอบเขตให้กว้างขวางขึ้นด้วยการเลือกใช้ผลิตภัณฑ์เหล็กที่กล่าวมาข้างต้นอย่างเหมาะสม โดยคำนึงถึงพฤติกรรมของแต่ละองค์อาคาร (Member) นอกจากนี้โครงสร้างแบบโครงเหล็ก ยังเหมาะกับการก่อสร้างอาคารเพื่อให้มีพื้นที่ว่างมาก ๆ และอรรถประโยชน์เหล่านี้จะนำมาซึ่งความต้องการและพัฒนาไปสู่ยุคสมัยใหม่ของโครงสร้างเหล็กต่อไป

การประสานงานกันระหว่างผู้ออกแบบโครงสร้างและผู้ขึ้นรูปโครงเหล็ก

ปัจจุบันนี้มีบริษัทผู้ขึ้นรูปโครงเหล็กจำนวนมาก แต่มีเพียงไม่กี่แห่งที่มีกระบวนการขึ้นรูปที่มีความแม่นยำสูง

สำหรับการขึ้นรูป องค์อาคารของ Heavy Wall หรือผลิตภัณฑ์เหล็กกำลังสูงที่มีหน้าตัดขนาดใหญ่ ซึ่งทำรอยต่อกันแบบซับซ้อนในลักษณะสามมิติ ขณะที่บริษัทอื่น ๆ จะให้บริการขึ้นรูปโครงเหล็กข้อแฉ่ง (Rigid Steel Frame) โดยใช้เสาเป็นท่อนเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมและคานเป็นเหล็กรูปพรรณรูปตัว H เป็นหลัก โดยผู้ผลิตเหล่านี้จะเรียนรู้และพัฒนาความรู้อย่างต่อเนื่องโดยมีพื้นฐานจากเทคโนโลยีการขึ้นรูปของตน เพื่อที่จะขยายศักยภาพของตนและเป็นการรับประกันคุณภาพของโครงเหล็ก นอกจากนี้ยังมีความพยายามที่จะพัฒนาทางเทคโนโลยีทางด้านนี้อย่างต่อเนื่องด้วยกิจกรรมที่หลายหลาย รวมถึงกิจกรรมด้านการพัฒนาบุคลากรซึ่งผลักดันโดย สมาคมผู้ขึ้นรูปโครงเหล็กแห่งประเทศไทยญี่ปุ่น (Japan Steel-rib Fabricating Association) และสมาคมผู้ก่อสร้างงานเหล็กแห่งประเทศไทยญี่ปุ่น (Japan Steel Constructors Association)

ปัจจุบันผู้ออกแบบโครงสร้างได้ขยายร่วมมือกับผู้ขึ้นรูปโครงเหล็กผ่านการแลกเปลี่ยนข้อมูลทางเทคโนโลยีและการเลือกใช้การออกแบบที่เน้นให้ผู้ขึ้นรูปทำงานได้สะดวก และสอดคล้องกับเทคนิคและเครื่องจักรของผู้ขึ้นรูปโครงเหล็ก ซึ่งความร่วมมือต่าง ๆ เหล่านี้ได้รับการคาดหมายว่าจะนำไปสู่การพัฒนาต่อไปแบบก้าวกระโดด ของเทคโนโลยีการออกแบบและขึ้นรูปโครงเหล็กต่อไป

ยิ่งไปกว่านั้นยังมีความพยายามที่จะลดปริมาณแรงงานและพลังงานที่ใช้ในโรงขึ้นรูปลง รวมทั้งการคำนึงถึงปริมาณคาร์บอนที่ปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมด้วย โดยเฉพาะในเรื่องของการทำรอยต่อโดยการเชื่อมนั้น ได้มีความพยายามที่จะลดปริมาณงานเชื่อม รวมถึงปริมาณการแก้ไขรอยเชื่อมให้น้อยลง โดยการตรวจสอบและทบทวนมาตรฐานของร่องในการเชื่อม นอกจากนี้ยังมีกิจกรรมอื่น ๆ ที่หลากหลายซึ่งถูกนำมาใช้เพื่อส่งเสริมการประหยัดพลังงาน รวมถึงการควบคุมขั้นตอนการผลิตที่เหมาะสมและลดการเคลื่อนที่ในระหว่างทำงานของพนักงานลง ซึ่งในทางปฏิบัตินั้นต้องมีการประสานงานอย่างใกล้ชิดระหว่างผู้ออกแบบและผู้ขึ้นรูปโครงเหล็กนั้นหมายความว่าทั้งผู้ออกแบบและผู้ก่อสร้างจะต้องทำการตกลงกันก่อน ในเรื่องการเปลี่ยนแปลงแบบก่อสร้าง การเปลี่ยนวิธีการก่อสร้าง การเก็บงานและอุปกรณ์เครื่องมือที่ต้องใช้ รวมถึงโครงสร้างชั่วคราวที่ต้องการ เพื่อให้ผู้ขึ้นรูปสามารถทำงานได้อย่างราบรื่น

ตัวอย่างที่ดีในการประสานงานกันระหว่างผู้ออกแบบและวิศวกรผู้ขึ้นรูปโครงเหล็ก คือ การออกแบบรายละเอียดโครงเหล็กและการขึ้นรูปโครงเหล็กสำหรับใช้ในการก่อสร้างอาคาร Tokyo Sky Tree ซึ่งโครงการก่อสร้างหอคอยโครงเหล็กที่สูงที่สุดใน

โลกนี้สามารถเกิดขึ้นได้ก็เนื่องจากการผสมผสานกันของเทคโนโลยีขั้นสูงที่ใช้ในการออกแบบและกระบวนการขึ้นรูปโครงสร้างเหล็ก รวมไปถึงการรับประกันคุณภาพของโครงสร้างเหล็กจากผู้ขึ้นรูปโครงสร้างเหล็กด้วย

รูปที่ 1 อัตราส่วนของอาคาร ที่ติดตั้งระบบควบคุมการสั่นสะเทือนและอุปกรณ์ Base – Isolation ของโครงสร้างเหล็กสำหรับอาคารสูง

รูปที่ 2 อัตราส่วนของ Dampers แบบต่าง ๆ ที่ถูกนำมาใช้

รูปที่ 3 กำลังสูงสุดของผลิตภัณฑ์เหล็กที่นำมาใช้เป็นองค์อาคารเสา



(หน้า 3-4)

Tokyo Sky Tree

- การสร้างสรรค์ภูมิทัศน์ที่เหนือกาลเวลา -

โดย ชิเงรุ โยชิโนะ

ผู้ร่วมออกแบบ จากบริษัท นิคเคน เซกิ จำกัด

พื้นที่ของ นาริฮิราบาชิ และ โอชิฮาเกะ บริเวณแม่น้ำซูมิดะทางทิศตะวันออกของกรุงโตเกียว ได้ถือความเป็นศูนย์กลางของวัฒนธรรมสมัยเอโดะ (ปลายศตวรรษ ที่ 17 ถึง 19) ซึ่งในเดือนกุมภาพันธ์ ปี 2006 บริษัท Tobu Railway จำกัด ได้เสนอโครงการที่จะสร้างอาคารเหล็กสูงที่เรียกว่า Tokyo Sky Tree ในบริเวณนี้ ต่อสื่อท้องถิ่นและองค์การบริหารท้องถิ่นของซูมิดะ โดยสิ่งแรกที่ทางผู้ก่อสร้างให้ความสำคัญตั้งแต่เริ่มโครงการคือ “การสร้างสรรค์ภูมิทัศน์ที่เหนือกาลเวลา” ซึ่งการทำงานออกแบบในช่วงต่อ ๆ มาก็ยังได้มีความพยายามที่จะรักษาหลักการดังกล่าวไว้อย่างเหนียวแน่น

หอคอยระฟ้าในเขตชิตามาชิ

Tokyo Sky Tree จะตั้งสูงตระหง่านเหนือพื้นที่นาริฮิราบาชิ - โอชิฮาเกะ ในท้องที่ของซูมิดะ และจะล้อมรอบไปด้วยพื้นที่ต่าง ๆ ของตำบลชิตามาชิ (แหล่งซื้อขายสินค้าท้องถิ่นและศูนย์รวมความบันเทิง) อย่างในเขตอาซากุสะ และ มุโคจิมา นอกจากนี้มันยังตั้งอยู่ตรงจุดศูนย์กลางของรถรางสายโทบุ, รถไฟใต้ดิน และการสัญจรทางน้ำ Tokyo Sky Tree ไม่เพียงแต่เป็นตัวกระจายสัญญาณวิทยุออกอากาศในระบบดิจิตอลและระบบอื่น ๆ แต่มันยังเป็นสัญลักษณ์ของการฟื้นฟูและพัฒนาพื้นที่ของเขตซูมิดะรวมถึงวัฒนธรรมชิตามาชิด้วย ในขณะที่เดียวกันก็ยังเป็นการพัฒนาย่านอาซากุสะซึ่งเป็นแหล่งชมทัศนียภาพที่มีชื่อเสียงของกรุงโตเกียวที่ยังคงกลิ่นอายของวัฒนธรรมเอโดะไว้ และเพื่อ

ตอบสนองความต้องการเหล่านี้เอง จึงต้องมีการดำเนินการศึกษาเกี่ยวกับการออกแบบอาคารเพื่อให้มั่นใจว่าจะเป็นสามารถผสมผสานคุณลักษณะของพื้นที่ได้อย่างกลมกลืน

พื้นที่ก่อสร้างตั้งอยู่บนภูมิประเทศที่เป็นศูนย์กลางของพื้นที่สามเหลี่ยมที่สองด้านเป็นเขตซูมิดะ และแม่น้ำอารากาวา ทางด้านทิศใต้ติดกับรถรางและถนนสายหลักที่วิ่งในแนวทิศตะวันออก - ทิศตะวันตก นอกจากนั้นหอคอยนี้ยังตั้งอยู่ในจุดยุทธศาสตร์สำคัญที่ซึ่งเส้นทางการคมนาคมสายต่าง ๆ ได้มาบรรจบกัน ผนวกของเขตเมืองทั้งสาม ดังนั้นที่ฐานของหอคอยจึงมีการพิจารณาเลือกใช้โครงสร้างเป็นแบบโครงสร้างรูปสามเหลี่ยม เพื่อที่จะได้ต้อนรับผู้มาเยือนได้จากทุกสารทิศ

โครงสร้างส่วนล่างของหอคอยนั้นได้แรงบันดาลใจมาจาก Chinese Kanae หรือ กาน้ำชาสามขาแบบจีนโบราณ (ที่มีขาตั้งสามขา) ซึ่งให้ความรู้สึกที่มั่นคง นอกจากนี้ฐานรูปสามเหลี่ยมยังทำให้ได้ความกว้างของฐานมากที่สุด ภายใต้ข้อจำกัดของพื้นที่ก่อสร้างและการเลือกใช้โครงสร้างรูปแบบนี้ ยังเป็นการเปิดตัวรูปแบบของโครงสร้างที่ใช้องค์อาคารของโครงสร้างน้อยชิ้นที่สุด ยิ่งไปกว่านั้นการออกแบบยังจะช่วยหลีกเลี่ยงความรู้สึกความแออัดต่อพื้นที่โดยรอบได้อีกด้วย

ตัวหอคอยจะมีจุดชมวิวอยู่ 2 จุด ซึ่งถูกสร้างเอาไว้เพื่อให้นักท่องเที่ยวที่อาจต้องการที่จะมองบ้านของตน ดังนั้นจึงจะต้องสร้างให้มองเห็นทั้ง 360 องศารอบ ๆ เขตคันโตทั้งหมด ด้วยเหตุนี้จึงพบว่ารูปหน้าตัดขวางแบบวงกลมนั้นเหมาะสมที่สุดในการสร้างจุดชมวิว และยังเป็นที่ทราบว่ารูปร่างหน้าตัดวงกลมนี้จะง่ายต่อการติดตั้งเสาอากาศในทิศทางต่าง ๆ นอกจากนี้รูปแบบหน้าตัดวงกลมยังสามารถรักษาสมดุลให้กับตัวหอคอย ในกรณีที่ต้องรับแรงภายนอกที่มากกระทำที่จากหลากหลายทิศทางได้ดีกว่าหน้าตัดแบบสามเหลี่ยม

ผลที่ได้คือหอคอยนี้จะค่อย ๆ เปลี่ยนร่างภายนอกจากรูปสามเหลี่ยมที่บริเวณฐานไปเป็นรูปวงกลมเมื่อระดับความสูงมากขึ้น ซึ่งลักษณะนี้เองทำให้หอคอยแห่งนี้มีลักษณะเด่นที่ไม่พบในอาคารอื่นใดในโลก

การเปลี่ยนรูปร่างภายนอกของหอคอย

การออกแบบให้หอคอยมีการเปลี่ยนรูปร่างจากสามเหลี่ยมเป็นวงกลมนั้นได้ใช้เทคนิคการ Warping และ Camper ซึ่งเป็นรูปแบบที่พบได้ในวัฒนธรรมแบบดั้งเดิมของญี่ปุ่น โดยส่วนที่เป็นหน้าตัดสามเหลี่ยมที่อยู่บริเวณส่วนล่างของอาคารจะเริ่มเปลี่ยนเป็นหน้าตัดวงกลมที่มีความสูงประมาณ 300 เมตรเหนือพื้นดิน

เมื่อมองจากมุมมองด้านข้างจะเห็นเป็นลักษณะเส้น

แต่เส้นที่ลากขึ้นจากพื้นดินไปตามแกนของรูปสามเหลี่ยมซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของตัวอาคารนั้นจะถูกตัดเป็นส่วนโค้งอย่างค่อยเป็นค่อยไป โดยส่วนโค้งนี้จะมีลักษณะคล้ายกับ Warping ในดาบคาตานะ (ดาบญี่ปุ่น) และยังมีเส้นทแยงซึ่งคาตัดระหว่างด้านทั้งสามของหน้าตัดสามเหลี่ยม ซึ่งจะถูกทำให้โค้งออกมาแบบค่อยเป็นค่อยไปที่เรียกว่า Camper โดยได้นำตัวอย่างมาจากการสร้างระเบียงของศาลเจ้าญี่ปุ่น หากมองเดิน ๆ รูปแบบของหน้าตัดหอคอยนี้ดูเหมือนจะเป็นแบบที่เรียบง่าย แต่ในความเป็นจริงแล้วมันประกอบไปด้วยเส้นโค้งเว้าต่าง ๆ ที่ซับซ้อนมาก

การออกแบบหอคอยสูงที่เหนือกาลเวลา

อาคารสูงระดับโลกที่มีชื่อเสียงส่วนใหญ่จะตั้งอยู่ในเขตเมือง เช่น หอไอเฟลในปารีส หรือ อาคาร CN Tower ในโตรอนโตที่ตั้งอยู่ใกล้ทะเลสาบหรือแม่น้ำและ Oreintal Pearl Tower (หอคอยส่งสัญญาณโทรทัศน์) ในเซี่ยงไฮ้ ทัศนียภาพของอาคารสูงเหล่านี้จะสามารถแบ่งได้สองมุมมอง หนึ่งในคือมองจากระยะไกล ซึ่งจะเห็นอาคารสูงตั้งตระหง่านจากพื้น และสองคือมองจากฐานของอาคารขึ้นไปบนท้องฟ้า ซึ่งทั้งสองมุมมองมักจะเป็นที่จดจำของเหล่านักท่องเที่ยวที่มาเยี่ยมชมอาคาร

มุมมองระยะไกลจากแม่น้ำซูมิดะจะเป็นทัศนียภาพที่น่าจดจำมากที่สุดสำหรับ Tokyo Sky tree และจากหลากหลายเส้นทางในละแวกชิตามาชิที่สัญจรมาจนถึงภายใต้หอคอยนี้ ผู้ที่มาเยี่ยมชมจะเห็นถึงการเปลี่ยนแปลงแบบค่อยเป็นค่อยไปของรูปร่างอาคารจากหน้าตัดสามเหลี่ยมเป็นหน้าตัดวงกลม ผ่านการ Warping และ Camper อันโดดเด่นของหอคอยนี้ การที่หอคอยมีรูปลักษณะหลายแบบที่แตกต่างกันโดยขึ้นอยู่กับจุดที่ใช้ในการชม แสดงถึงการที่ตัวหอคอยมีการเชื่อมโยงกับธรรมชาติของตำบลชิตามาชิ และการเปลี่ยนแปลงไปสู่อิสระภาพภายใต้เอกลักษณ์ในสมัยเอโดะ อาคารนี้ไม่ใช่อาคารที่สร้างขึ้นมาเพียงโดดเดี่ยวแต่รูปร่างของมันนั้นได้แสดงถึงการรวมกันเป็นหนึ่งเดียวของตัวอาคารและเอกลักษณ์ของพื้นที่ชิตามาชิ

Tokyo Sky Tree จะเป็นสถาปัตยกรรมในรูปแบบใหม่ที่ก่อสร้างโดยใช้เทคโนโลยีขั้นสูงและการออกแบบที่ไม่เคยมีที่ไหนมาก่อน ในขณะเดียวกันมันยังเป็นการรวมและส่งต่อพื้นฐานของวัฒนธรรมของบริเวณพื้นที่ตั้ง ซึ่งพวกเราเชื่อว่าทัศนียภาพที่พวกเราสร้างขึ้นจะแสดงให้เห็นถึงรูปแบบของ “การสร้างสรรค์ภูมิทัศน์ที่เหนือกาลเวลา”

(รูปภาพ)

แผนผังบริเวณสถานที่ก่อสร้าง Tokyo Sky Tree และ

บริเวณรอบ ๆ

มุมมองทางด้านข้าง(Elevation View) ของ Tokyo Sky Tree

มุมมองจากเครื่องบินของ Tokyo Sky Tree หลังจากสร้างเสร็จ



(หน้า 5~9)

Tokyo Sky Tree

-ภาพรวมด้านโครงสร้างของหอคอยส่งถ่ายสัญญาณการสื่อสารระบบดิจิทัล-

โดย มิชิโอะ เคอิ, อัทซุโอะ โคนนิชิ, ยาซุโอะ คากามิ, คาซุนาริ วาตานาเบะ, โนริโอะ นาคานิชิ

และ โยชิชิเกะ อีซะกะ

แผนกออกแบบโครงสร้าง บริษัท นิคเคน เซกิ จำกัด

การก่อสร้าง Tokyo Sky Tree ซึ่งเป็นอาคารส่งถ่ายสัญญาณการสื่อสารที่สูง 634 เมตรนั้นเริ่มต้นขึ้นในเดือนกรกฎาคม 2008 ในเมืองซูมิดะโตเกียว อาคารนี้ไม่เพียงแต่ใช้ประโยชน์ในการส่งสัญญาณดิจิทัล (ที่จะเริ่มใช้ในฤดูใบไม้ผลิปี 2012) เท่านั้น แต่ยังทำหน้าที่เป็นสัญลักษณ์ของความพยายามที่จะสร้างความอุดมสมบูรณ์ให้แก่แหล่งชุมชนอีกด้วย

ภาพรวมโครงสร้างของ Tokyo Sky Tree

● แผนผังพื้นที่ก่อสร้างและการจัดเตรียมระบบของสิ่งอำนวยความสะดวก

พื้นที่รอบ ๆ สถานีโอชิอาเกะและนาริอิบาราชิจังอยู่ตรงใกล้ ๆ ศูนย์กลางของเขตซูมิดะ โตเกียว ได้ถูกเลือกเป็นพื้นที่ก่อสร้างของอาคาร Tokyo Sky Tree โดยพื้นที่นี้จะมีการตัดกันของเส้นทางคมนาคมสองเส้น คือเส้นทางในแนวตะวันออก-ตะวันตกที่เริ่มจากเมือง อูซุมาบาชิจึงไปถึง อุเอโนะและอาซากุสะ กับเส้นทางในแนวเหนือ-ใต้ที่จะนำไปสู่พื้นที่ สถานีฮิคิฟุเนะกับสถานีคองชิโค

สิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆได้ถูกแบ่งออกเป็นสามส่วน ในด้านตะวันตกนั้นจะเป็นสิ่งอำนวยความสะดวกด้านการค้าและธุรกิจ (เพื่อประโยชน์แก่ชาวท้องถิ่น) และด้านตะวันออกส่วนใหญ่จะเป็นร้านค้า (สำหรับผู้มาชมทัศนียภาพ) และสำนักงาน (อ้างถึงรูปที่ 1) โดยหอคอยจะตั้งอยู่ตรงส่วนกลางของพื้นที่ดังกล่าว และจะเป็นศูนย์กลางของการท่องเที่ยวและกิจกรรมต่าง ๆ ต่อไป

รูปที่ 1 แผนผังการจัดระเบียบทั้งหมด

น้ำหนักที่ใช้และเป้าหมายในการออกแบบ

• แรงลม

- การรับมือกับความสูงของอาคาร-ทิศทางและลักษณะของกระแสลม

เนื่องจาก Tokyo Sky Tree ตั้งอยู่ห่างจากอ่าวโตเกียวเพียง 8 กิโลเมตร และตัวหอคอยมีความสูงถึง 634 เมตร ดังนั้นในการพิจารณาสภาพความขรุขระของพื้นที่ (Ground Surface Boundary Layer) สำหรับการคำนวณแรงลมที่เกิดขึ้นนั้น ควรพิจารณาให้เป็นพื้นที่ตั้งประเภท 2 (Terrain Category or Roughness Classification II) ตามมาตรฐานของสถาบันสถาปัตยกรรมแห่งประเทศไทย (Architectural Institute of Japan, AIJ)

ค่าขอบเขตของชั้นความสูงนั้น ได้จำกัดไว้ที่มากกว่าความสูงของหอคอย ความเร็วลมเฉลี่ยสามารถคำนวณได้จากเงื่อนไขที่ความเร็วลมสามารถหาได้โดยการเทียบอัตราส่วนที่ความสูง Z_g หรือมากกว่า ในกฎทรงพลังงานซึ่งได้ถูกนำมาใช้โดย หนังสือ Building Load Guidelines and Commentary (สถาบันสถาปนิกแห่งประเทศไทย ปี 2004)

ใน Guidelines ของสถาบันสถาปนิกแห่งประเทศไทย ยังได้แนะนำไว้เกี่ยวกับการเปรียบเทียบสัดส่วนที่ความสูง Z_g หรือมากกว่า ซึ่งเกี่ยวกับขนาดและทิศทาง การกระจายของกระแสลมกระโชกตามที่ได้คำนวณความเร็วลมเฉลี่ยไว้ อย่างไรก็ตามกระแสลมกระโชกได้ถูกตั้งค่าไว้อย่างต่ำที่ 10 เปอร์เซ็นต์เป็นค่าต่ำสุด

- การออกแบบรับแรงลมหรือในกรณีเกิดพายุ

ตารางที่ 1 แสดงถึงแรงของลมพายุที่กำหนดขึ้นสำหรับออกแบบ โดยแรงจากกระแสลมจะกระทำต่อพื้นผิวของอาคารในลักษณะแตกต่างกันตามระดับความรุนแรงของพายุ เช่นที่พายุระดับ 2 จะมีลักษณะเป็นแรงสมดุลงแบบสถิตย์ ตามกระบวนการออกแบบในรูปที่ 2 และพายุระดับ 1 และ 3 แรงลมจะเป็นสัดส่วนแปรผันกับค่ากำลังสองของแรงลมสถิตย์ (Static Wind Load)

ตารางที่ 1 แสดง Return Period และค่าเฉลี่ยของความเร็วลมเมื่อเทียบกับความเร็วปกติ (Basic Wind Velocity) ของพายุแต่ละระดับ

รูปที่ 2 แสดงขั้นตอนการออกแบบสำหรับต้านทานแรงลม (สำหรับแรงลมสถิตย์)

• แรงสั่นสะเทือน

- แนวทางการตรวจสอบความปลอดภัยของโครงสร้างเมื่อเกิดแผ่นดินไหว

เนื่องจากหอคอยมีความสูงถึง 634 เมตร การขยายตัว

ตามแนวแกนความสูงขององค์อาคารโครงสร้างจึงส่งผลกระทบต่ออย่างมาก และเป็นการยากที่จะกำหนดแรงสั่นสะเทือนซึ่งใช้ในออกแบบที่เหมาะสมในรูปของ “แรงที่กระทำต่อพื้นผิวอาคาร ซึ่งเกิดจาก Layer Shearing Force” ซึ่งมักจะถูกนำมาใช้ในการออกแบบอาคารสูงทั่วไป ความปลอดภัยของโครงสร้างหอคอยเมื่อเกิดแผ่นดินไหวจะถูกตรวจสอบโดยการพิจารณาวิเคราะห์จากองค์ประกอบโครงสร้าง และประวัติการเกิดเหตุการณ์ขึ้นในอดีต มาทำการปรับใช้ตามตารางที่ 2 เพื่อที่จะพิสูจน์ความปลอดภัยต่อองค์อาคารในโครงสร้างทั้งหมด

- รูปแบบการสั่นสะเทือนที่นำมาใช้

รูปแบบการสั่นสะเทือนที่นำมาใช้ในการออกแบบหอคอยนี้ ใช้วิธีการจำลองคลื่นความสั่นสะเทือนในบริเวณสถานที่ก่อสร้าง ในกรณีที่เกิดแผ่นดินไหวอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน และเกิดความเสียหายโดยตรงบริเวณใกล้กับตัวอาคาร โดยจะต้องทำการสังเกตลักษณะของคลื่นซึ่งถูกใช้ในการออกแบบอาคารสูงทั่วไป รูปที่ 3 แสดงถึงส่วนที่โดนแรงสั่นสะเทือนออกมาเป็นแถบสี spectrum

• เป้าหมายในการออกแบบ

หอคอยได้ถูกออกแบบไว้โดยที่ความเค้น (Stress) ของโครงสร้าง (ไม่รวมถึงรอยต่อแบบเชื่อม) จะอยู่ในช่วงความยืดหยุ่น (Elastic Range) ที่สามารถต้านทานแผ่นดินไหวระดับ 2 และแรงลมที่แสดงในตารางที่ 3 ได้ ในขณะที่เดียวกันมันยังต้องเป็นโครงสร้างที่ต้องเหมาะสมกับการใช้เป็นสถานีออกอากาศคลื่นวิทยุด้วยแต่รายละเอียดนั้นเราจะยังไม่กล่าวถึงในบทความนี้

ตารางที่ 2 คลื่นสั่นสะเทือนที่นำมาใช้

ตารางที่ 3 ขั้นตอนการออกแบบเพื่อด้านทานแรงสั่นสะเทือนและแรงลม

รูปที่ 3 รูปแสดงการเปรียบเทียบ Spectrum

การออกแบบโครงสร้างส่วนบน

• แฉกสำหรับโครงเหล็ก

ปล่องบันไดคอนกรีตเสริมเหล็กทรงกระบอก (ซีมบาซีระ หรือ เสาแกนกลาง) จะตั้งอยู่ตรงกลางของหอคอยและจะมีแกนโครงเหล็ก (หอคอยส่วนกลางและหอคอยส่วนใน) ที่ซึ่งใช้เป็นลิฟต์อยู่ข้างใน, ESP และ อุปกรณ์อื่น ๆ จะถูกติดตั้งรอบ ๆ ปล่องบันได โครงสร้างภายนอกจะเป็นโครงสร้างแบบโครงข้อหมุน (Truss) โดยใช้ท่อเหล็กในการก่อสร้าง โดยรูปตัดภายนอกของโครงเหล็กนี้จะเปลี่ยนเป็นรูปวงกลมเมื่อความสูงเพิ่มขึ้น

โครงข้อหมุนนี้เรียกว่า คานาเอะ (กาน้ำสามขา) นี้

ประกอบไปด้วยองค์อาคารหลักสี่ชั้นที่ตั้งอยู่ที่แต่ละมุมของฐานสามเหลี่ยมด้านเท่าที่ใช้เป็นฐานของอาคารและโครงเหล็กเหล่านี้ได้เชื่อมต่อเข้ากับโครงสร้างในแนวราบดังแสดงในรูปที่ 5 เสาคานาเอะและโครงสร้างส่วนเปลือกหอคอยด้านนอก (หอคอยส่วนนอก) จะเป็นส่วนต้านทานหลักสำหรับต้านแรงสั่นสะเทือนและแรงลม

รูปที่ 4 แบบร่างของโครงเหล็ก

รูปที่ 5 แบบแปลนของหอคอย

- **ผลิตภัณฑ์เหล็กที่เลือกใช้**

ตารางที่ 4 แสดงถึงผลิตภัณฑ์เหล็กที่ใช้ในองค์อาคารหลักของโครงสร้างหอคอย เนื่องจากตัวหอคอยไม่เพียงแต่มีความสูงมาก แต่ยังมีอัตราส่วนความขะลูด (อัตราส่วนความสูงต่อความกว้าง) ที่มากขึ้นกัน เป็นผลให้แรงที่กระทำต่อองค์อาคาร ระหว่างเกิดแผ่นดินไหวและพายุไต้ฝุ่นมีค่ามาก ดังนั้นองค์อาคารโครงสร้างจะต้องมีทั้งกำลังที่สูงและหน้าขนาดใหญ่ เพื่อจะต้านทานแรงเหล่านั้น และด้วยเหตุผลเดียวกันนั่นเอง จึงทำให้มีการเสนอวิธีทำรอยต่อระหว่างโครงเหล็กโดยการเชื่อม ยิ่งไปกว่านั้นเนื่องจากน้ำหนักของแต่ละองค์อาคารที่มาก ทำให้ต้องมีการแบ่งแต่ละองค์อาคารออกเป็นชิ้นส่วนที่มีขนาดเล็กลงเพื่อความสะดวกในการขนส่งและการยกเพื่อติดตั้งด้วย โดยชิ้นส่วนจะถูกส่งไปยังพื้นที่ก่อสร้างและนำมาประกอบกันโดยวิธีการเชื่อมที่หน้างาน

ด้วยสาเหตุทั้งหลายข้างต้นจึงมีความจำเป็นที่ใช้วัสดุเหล็กที่ไม่เพียงแต่มีกำลังรับน้ำหนักและความแกร่ง (Toughness) ที่สูง เท่านั้น แต่ ยัง ต้อง คำนึง ถึง ความสามารถในการเชื่อมและพฤติกรรมของวัสดุในการให้ความร้อนก่อนการเชื่อมอีกด้วย โดยชนิดของเหล็กที่ใช้ก่อสร้าง Tokyo Sky Tree นี้ต้องมีจุดครากที่ 400 N/mm² หรือมากกว่า เพื่อที่จะสามารถให้พฤติกรรมของโครงสร้างเป็นไปตามความต้องการของผู้ออกแบบ นอกจากนี้การเลือกใช้ผลิตภัณฑ์ในการก่อสร้างหอคอยแห่งนี้ยังจะต้องขออนุมัติจากกระทรวง ที่ดิน, สาธารณูปโภค, การขนส่งและการท่องเที่ยว (Ministry of Land, Infrastructure, Transport And Tourism) ของญี่ปุ่นอีกด้วย

ตารางที่ 4 ผลิตภัณฑ์เหล็กที่เลือกใช้ในการก่อสร้าง Tokyo Sky Tree

- **การออกแบบรอยต่อแบบ Multi-Coupling**

โครงข้อหมุดคานาเอะและโครงสร้างอื่น ๆ เช่น เสาหรือ

ค้ำยันและองค์อาคารในแนวราบของหอคอยส่วนนอก ได้ถูกสร้างจากการนำท่อเหล็กมาทำรอยต่อกันในลักษณะสามมิติที่เรียกว่ารอยต่อแบบ Multi-Coupling (รูปที่ 6) และเหตุผลที่นำเอารอยต่อแบบ Multi-Coupling มาใช้นั้นก็เพื่อที่จะให้ลักษณะโครงสร้างภายนอกดูเรียบร้อย มีจุดอ่อนของโครงสร้างน้อยรวมถึงประโยชน์เกี่ยวกับป้องกันการสั่นกร่อนด้วย

อย่างไรก็ตามกรณีศึกษาที่ยืนยันถึงความปลอดภัยในใช้รอยต่อแบบ Multi-Coupling กับท่อเหล็กกำลังสูงซึ่งมีหน้าตัดขนาดใหญ่ นั้นอยู่นอกเหนือขอบเขตของแนวทางการออกแบบโครงข้อหมุดจากท่อเหล็ก (Steel Pipe Truss Design Guideline) ของสมาคมสถาปนิกแห่งประเทศญี่ปุ่น แต่ถึงกระนั้นความแข็งแรงในการใช้รอยต่อแบบ Multi-coupling นั้นก็ยังได้รับการยืนยันจากสถาบันปิโตรเลียมแห่งประเทศอเมริกา (American Petroleum Institute) และถูกนำมาปรับใช้กับแนวทางของ สมาคมสถาปนิกแห่งประเทศญี่ปุ่นและการวิเคราะห์ด้วย FEM

กำลังของรอยต่อเหล่านี้ได้ถูกตรวจสอบตามกำลังสำหรับรับแรงลมด้วยวิธีการออกแบบเพื่อต้านทานแรงลม (วิธีแรงคงที่, Static Load) และเพราะการออกแบบแรงสั่นสะเทือนแบบคงที่ไม่ได้ถูกกำหนดไว้ ดังนั้นความแข็งแรงเพื่อรองรับแรงสั่นสะเทือนจะถูกตรวจสอบที่ละขั้นตอนโดยวิธีการวิเคราะห์ห้ข้อมูลจากประวัติเหตุการณ์ที่เคยเกิดขึ้นมาแล้ว นอกจากนี้จะมีการทดสอบความล้าที่อาจเกิดขึ้นแรงของจากลมและแผ่นดินไหวในทุกข้อต่อเพื่อที่จะเป็นตัวยืนยันความปลอดภัย รูปที่ 7 แสดง Flow Chart ของขั้นตอนการทดสอบความล้า

รูปที่ 6 วิธีการต่อท่อเหล็ก

รูปที่ 7 Flow Chart ของขั้นตอนการทดสอบความล้าของรอยต่อท่อเหล็ก

- **การออกแบบโครงสร้างฐานราก**

- **ภาพรวมของลักษณะพื้นดินบริเวณที่ก่อสร้าง**

สถานที่ก่อสร้างจะตั้งอยู่บริเวณทางตอนล่างของโตเกียวที่ล้อมรอบด้วยเขตชุมชนและแม่น้ำอารากาวาขณะที่ภูมิภาคประเทศในเขตก่อสร้างมีลักษณะเป็นสันดอนทราย และบริเวณรอบๆ ได้ถูกพัฒนาที่ดินเพื่อใช้ประโยชน์

ลักษณะทางธรณีวิทยาของบริเวณใกล้เคียงของพื้นที่ก่อสร้างประกอบด้วยซากตะกอนที่ถูกน้ำพัดพามาทับถม เช่น ชั้นกรวดโตเกียวหรือเนินชั้นกรวดโตเกียว และชั้นดินร่วนที่อยู่กับชั้นตะกอน เช่น ชั้นหินยูรากูไซในบริเวณใกล้เคียงกับผิวดินกับชั้นหินคาซุยาและชั้นหินเอโดกาว่าและชั้นหินโทเนรีเป็นชั้นฐานล่าง

ชั้นหินยูรากูโซมีความหนาอยู่ที่ประมาณ 25-30 เมตร โดยส่วนบนจะประกอบด้วยทรายหลวมเป็นหลักหนาประมาณ 5 เมตร และส่วนล่างจะประกอบด้วยดินเหนียวเป็นหลัก

การสำรวจชั้นดินจะเป็นไปตามลำดับดังนี้

- การเจาะหลุมสำรวจ
- การทดสอบการซึมผ่านได้ที่หน้างาน
- การทดสอบแรงในแนวราบของหลุมเจาะ
- การทดสอบดินในห้องทดลอง
- การวัดค่า PS
- การวัดการเคลื่อนที่อย่างช้าๆ
- การค้นหาการเคลื่อนที่ตามลำดับอย่างช้าๆ

รูปที่ 8 แสดงข้อมูลของดินที่ได้จากการเจาะสำรวจ

- Predominant Period ของพื้นดิน

การทดสอบคุณภาพของชั้นผิวดินถูกวัดจากช่วงระยะเวลา 1 วินาทีหรือมากกว่า ที่ 3-4 หรือ 7-9 วินาที และที่น้อยกว่า 1 วินาที คือ 0.6-0.7 หรือ 0.4-0.5 วินาที

- ผลของการเคลื่อนที่ตามลำดับอย่างช้า ๆ

ความลึก (VS \geq 3,000 เมตร/วินาที) ของการสั่นสะเทือนที่หินชั้นล่างจะถูกสมมุติอยู่ที่ประมาณ 2.5 กิโลเมตร

รูปที่ 8 ข้อมูลการเจาะสำรวจชั้นดินบริเวณสถานีก่อสร้าง

● การออกแบบโครงสร้างฐานราก

ฐานรากของหอคอยนี้ถูกสร้างอยู่บนชั้นของกรวดที่ทับถมกันที่ระดับ -35 เมตรหรือลึกกว่า ประกอบด้วยเสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็กกำลังสูง แบบ Subterranean Pile Walls โดยส่วนฐานของหอคอยถูกสร้างขึ้นจากการเรียงตัวของ Subterranean Pile Walls และที่ได้ของโครงข้อหมุนคานาอะ จะมี SRC (เสาเข็มเหล็กหุ้มคอนกรีต) เรียงกันอยู่ตามในรูปที่ 9 โดยเสาเข็มเหล่านี้จะมีลักษณะเป็นตุ่มหรือปุ่ม ซึ่งจะถูกลบไปถึงระดับ -50 เมตรหรือมากกว่า เพื่อที่จะเพิ่มความต้านทานแรงถอน ซึ่งกำลังรับแรงถอนนี้ได้รับการยืนยันจากการทดสอบแบบเสมือนจริง (Full Scale Testing) ที่หน้างาน นอกจากนี้แกนรูปตัว H ถูกจัดอยู่ใน Pile Walls เพื่อให้โครงสร้างผนังมีกำลังแรงดึงสูงขึ้น

รูปที่ 9 รูปแบบเสาเข็มที่นำมาใช้

● เสาเหล็กหุ้มคอนกรีต – โครงสร้างฐานรากเพื่อเพิ่มกำลังต้านแรงถอนในเสาเข็ม

แรงดัดและแรงเฉือนที่มีขนาดใหญ่จากโครงเหล็กของหอคอยด้านบน จะกระทำต่อโครงสร้างฐานราก (รูปที่

10) และถ่ายแรงลงสู่แผงของเสาเหล็กหุ้มคอนกรีต รวมถึงแผ่นเหล็กที่ใส่ไว้บริเวณโครงสร้างฐานราก โดยความหนาของแผ่นเหล็กด้านนี้ถูกตั้งอยู่ที่ 40 มิลลิเมตร และ 22 มิลลิเมตร และส่วนที่เป็นคอนกรีตนั้นหนา 2,700 มิลลิเมตรและ 1,900 มิลลิเมตร

รูปที่ 10 โครงสร้างฐานราก

ภาพรวมของการควบคุมความสั่นสะเทือนด้วย เสาเข็มบาชิระ

ระบบการควบคุมการสั่นสะเทือนสำหรับหอคอยซึ่งแสดงไว้ในรูปที่ 11 ได้ถูกนำมาใช้เพื่อลดแรงสั่นไหวในขณะที่เกิดแผ่นดินไหว โดยเฉพาะอย่างยิ่งเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก “ชิมบาชิระ” (เสาแกนกลาง) และโครงเหล็กภายนอกนั้นได้ถูกแยกออกจากกันที่ความสูง 125 เมตรหรือมากกว่า และระบบควบคุมการสั่นสะเทือนโดยการใช้กลไกการเพิ่มมวลซึ่งใช้ประโยชน์จากน้ำหนักของเสาเข็มบาชิระ (มวล) ในส่วนที่ถูกแยกออกจากโครงเหล็กนั้น ได้ถูกคิดค้นและนำมาใช้ ซึ่งการเชื่อมต่อกันของเสาเข็มบาชิระและโครงเหล็กภายนอกนั้นทำโดยใช้อุปกรณ์เหล็กชนิดหนึ่งที่อยู่ระดับความสูงต่ำกว่า 125 เมตร โดยจะมีการติดตั้ง Dampers แบบใช้น้ำมันที่ความสูง 125 เมตรขึ้นไปเพื่อที่จะควบคุมการเคลื่อนที่ของเสาเข็มบาชิระ และเพิ่มความหน่วงในการสั่นให้กับโครงสร้างหอคอย ซึ่งการติดตั้ง Dampers ในอาคาร ทำให้แรงเฉือนลดลงไปได้มากที่สุดถึง 40 เปอร์เซ็นต์ ในระหว่างเกิดแผ่นดินไหวครั้งใหญ่ ๆ

รูปที่ 11 แบบเบื้องต้นของระบบควบคุมการสั่นสะเทือนในเสาเข็มบาชิระ



(หน้า 10~13)

Tokyo Sky Tree

การก่อสร้างหอคอยสูงให้เป็นผลงานระดับโลก

โดย บริษัทโอบายาชิ

Tokyo Sky Tree เป็นหอคอยซึ่งสามารถตั้งอยู่ได้ด้วยตัวเอง (Self Support) ที่สูงที่สุดในโลก นั้นถูกสร้างขึ้นในโตเกียว มีความสูง 634 เมตร โดยหอคอยระฟ้าแห่งนี้ถูกสร้างไว้เพื่อส่งถ่ายสัญญาณออกอากาศคลื่นวิทยุ ระบบดิจิทัลและรวมถึงสัญญาณอื่น ๆ ซึ่งหน้าที่สำคัญที่สุดของหอคอยนี้คือเป็นหอสำหรับติดตั้งเสาอากาศ และมีจุดชมวิว 2 แห่ง ที่ระดับความสูง 350 เมตรและ 450 เมตรตามลำดับ

ส่วนที่ต่ำสุดของอาคารนี้จะเป็นรูปตัดฐานสามเหลี่ยม ซึ่งค่าใช้โดยขาตั้งทั้งหมดสามขา รูปทรงของรูปตัดขวางจะค่อย ๆ เปลี่ยนแปลงจนกลายเป็นวงกลมอย่างสมบูรณ์ที่ความสูง 300 เมตร ซึ่งเทคโนโลยีที่ล้ำสมัยในการก่อสร้างรวมถึงเทคโนโลยีทางวัสดุศาสตร์ที่นำมาประยุกต์ใช้ในการก่อสร้าง Tokyo Sky Tree จะถูกกล่าวถึงในลำดับต่อไป

การประกอบเสาอากาศของอาคารโดยวิธีการยกประกอบ

ส่วนบนสุดของหอคอยนี้จะเป็นเสาอากาศที่วิ ที่ถูกการประกอบบนพื้นดินแล้วจะยกขึ้นไปด้วยสายเคเบิลด้วยวิธีที่เรียกว่า "การยกประกอบ" ผ่านทางข้างในตัวอาคารจนถึงความสูงสุดท้ายที่ 634 เมตร การประกอบเสาอากาศบนพื้นดินนั้นจะเริ่มต้นจากการประกอบส่วนยอดภายในแกนกลางของหอคอกลวงก่อนการก่อสร้างเสาเข็มบาชิระ (เสาแกนกลาง) จากนั้นจึงยกเสาอากาศขึ้นและประกอบส่วนต่อไปจากด้านล่าง เสาอากาศที่ประกอบเสร็จสมบูรณ์นั้นสูงมากกว่า 200 เมตรและส่วนที่เป็นปล่องบันไดภายในตัวอาคารจะวิ่งออกจากตัวอาคารและไปสิ้นสุดที่จุดบนสุดของหอคอย (ดูรูปที่ 1 และ 2 ประกอบ)

วิธีการยกประกอบนั้นทำให้สามารถข้ามขั้นตอนที่ยุ่งยากของการประกอบชิ้นส่วนที่ระดับความสูง 500 เมตรไปได้ และยังให้ความมั่นใจในความปลอดภัยรวมถึงคุณภาพของการก่อสร้างได้มากขึ้น อีกทั้งทำให้เวลาในการก่อสร้างเสาอากาศนี้ได้ลดลงอย่างมากเนื่องจากการประกอบที่พื้นดิน ซึ่งดำเนินการไปพร้อมๆกับการก่อสร้างหอคอยตรงส่วนที่อยู่เหนือจุดชมวิวที่ 1

การสร้างเสาเข็มบาชิระโดยวิธี Slipform

บริเวณช่องว่างของตัวอาคารหลังจากที่ยกเสาอากาศขึ้นประกอบเสร็จเรียบร้อยแล้วนั้น ได้มีการสร้างเสาเข็มบาชิระ (เสาแกนกลาง) ขึ้นโดยวิธี Slipform โดยคอนกรีตจะถูกเทลงอย่างต่อเนื่องลงบนแบบหล่อที่ค่อยๆ เคลื่อนตัวขึ้นด้านบน โดยทิ้งให้คอนกรีตที่เทไปก่อนหน้าแข็งตัวที่ด้านล่าง (รูปที่ 3)

ด้วยเทคโนโลยีที่ได้รับการจดสิทธิบัตรของบริษัทโอบายาชิ แกนคอนกรีตรูปทรงกระบอกนี้จึงสามารถสร้างขึ้นได้ในเวลาสั้น ๆ ภายใต้พื้นที่จำกัดที่บริเวณใจกลางของหอคอย ช่องว่างภายในของหอคอยที่ซึ่งเคยใช้เป็นที่ยกเสาอากาศนั้นได้ถูกแทนที่โดยเสาเข็มบาชิระโดยวิธี Slipform นี้เอง

การประกอบท่อเหล็กขนาดยักษ์

หอคอยนี้ประกอบไปด้วยท่อเหล็กกล้ากำลังสูงขนาดใหญ่ที่ยากที่จะพบในการก่อสร้างสิ่งก่อสร้างที่อื่นเนื่องจากขนาดและน้ำหนักเสี่ยงของท่อและข้อจำกัดทางการขนส่ง ท่อเหล็กจะผ่านกระบวนการขึ้นรูปโดยให้มีน้ำหนักต่ำกว่า 30 ตัน ที่โรงงานรูปจากทั่วประเทศญี่ปุ่น จากนั้นจึงได้ส่งไปที่บริเวณหน้างานก่อสร้างเพื่อที่จะทำการประกอบโดยใช้ Tower Crane ที่สามารถยกน้ำหนักได้ราว 32 ตัน

ขนาดหน้าตัดของท่อเหล็กที่ใหญ่ที่สุดที่ใช้ประกอบเป็นโครงสร้างบริเวณฐานของหอคอยนี้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ 2.3 เมตรและสร้างจากเหล็กแผ่นหนา 10 เซนติเมตร (รูปที่ 4) เนื่องจากน้ำหนักที่มากของมันทำให้ขนาดที่ใหญ่ที่สุดขึ้นส่วนเล็ก ๆ แต่ละชิ้นที่ใช้ประกอบกันจะมีความยาวเพียง 4 เมตรเท่านั้น

โครงสร้างที่เป็นโครงข้อหมุน

หอคอยมีลักษณะเป็นโครงข้อหมุนที่มีพฤติกรรมคล้ายกับคานวางตามแนวตั้ง แนวนอนและแนวทแยง ซึ่งองค์อาคารเกือบทั้งหมดเป็นท่อเหล็กกำลังสูงที่ถูกเชื่อมติดกันโดยวิธี "Multi-Coupling" ซึ่งเป็นเทคนิคที่ทำให้รอยต่อโครงสร้างมีความเรียบร้อยและสะอาด (รูปที่ 5)

Knuckle Wall

"Knuckle Wall" ถูกพัฒนาขึ้นโดยบริษัทโอบายาชิ และถูกใช้เป็นเสาเข็มสำหรับการก่อสร้างฐานรากของหอคอยนี้ ยิ่งไปกว่านั้นเพื่อให้หอคอยสามารถต้านทานแรงถอนและแรงกดอัดตามแนวตั้งที่เกิดจากแผ่นดินไหวและกระแสลมแรงได้ เสาเข็มเหล่านี้จะมีตุ่มที่ยื่นออกมาเพื่อที่จะยึดเสาเข็มในพื้นที่ให้มั่นคง เพื่อเป็นการเพิ่มความแข็งแรงของเสาเข็มได้อย่างมหาศาล (รูปที่ 6) นอกจากนี้รูปทรงทั้งหมดของเสาเข็มนี้ยังจะช่วยเพิ่มความแข็งแรงและความต้านทานต่อแรงในแนวระนาบที่เกิดขึ้นจากแผ่นดินไหวได้อีกด้วย

(รูปภาพ)

(หน้า 10)

สรุปภาพรวมโครงการ

รูปแสดงระดับของหอคอย

ฤดูใบไม้ผลิปี 2009

(หน้า 11)

รูปที่ 1 ภาพรวมโครงสร้างของ Tokyo Sky Tree

รูปที่ 2 วิธีการ Lift-up

ฤดูใบไม้ร่วงปี 2009

(หน้า 12)

รูปที่ 3 วิธี Slipform

รูปที่ 4 ท่อเหล็กกล้าขนาดยักษ์

รูปที่ 5 การทำรอยต่อแบบ Multi-coupling

(หน้า 13)

รูปที่ 6 Knuckle Wall

ฤดูหนาวปี 2010

ฤดูใบไม้ผลิปี 2011



(หน้า 14-15)

Tokyo Sky Tree

ผลิตภัณฑ์ท่อเหล็กกำลังสูงสำหรับสร้างหอคอยเสาอากาศ

ในการสร้างหอคอยโครงสร้างเหล็กที่รู้จักกันในชื่อ Tokyo Sky Tree นี้มีท่อเหล็กกำลังสูง 2 ชนิดที่ใช้กันมากคือ ชนิด 400 N/mm² และชนิด 500 N/mm² นอกจากนี้ยังมีการใช้ท่อเหล็กชนิด 780 N/mm² ซึ่งเป็นชนิดที่มีความแข็งแรงสูงที่สุดในญี่ปุ่น โดยโครงการนี้เป็นแห่งแรกที่มีการใช้เหล็กชนิด 780 N/mm² ที่มีความหนามากที่สุดถึง 80 มิลลิเมตร ในการก่อสร้างโครงสร้างทางสถาปัตยกรรม รายละเอียดของผลิตภัณฑ์ท่อเหล็กเหล่านี้จะแสดงในตารางที่ 1

ขนาดของท่อเหล็กที่นำมาใช้จะมีเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกอยู่ในช่วง 500 ถึง 2,300 มิลลิเมตรและมีความหนาที่ 19 ถึง 100 มิลลิเมตร โดยท่อเหล็กที่ใช้เป็นส่วนฐานล่างสุดของหอคอยนี้มีเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกอยู่ที่ 2,300 มิลลิเมตรและมีความหนาที่ 100 มิลลิเมตร

ตารางที่ 1 รายละเอียดของผลิตภัณฑ์ท่อเหล็กกำลังสูง

กระบวนการการผลิตท่อเหล็กกำลังสูง

ท่อเหล็กกำลังสูงอาจถูกผลิตโดยการผ่านกระบวนการ UOE หรือกระบวนการ Press-bending/Roll-bending ซึ่งตัวอย่างของกระบวนการเหล่านี้แสดงอยู่ในรูปที่ 1 และ 2

ในกระบวนการ UOE แผ่นเหล็กจะถูกตัดตามขนาดที่กำหนด ต่อมาจึงนำแผ่นเหล็กนี้ไปตัดเป็นรูปตัว U ด้วยเครื่อง U-Press และตัดเป็นรูปตัว O ด้วยเครื่อง O-press ตามลำดับ จากนั้นจะนำมาทำความสะอาดบริเวณขอบและทำการเชื่อมแบบจุดก่อน แล้วจึงทำการเชื่อมบริเวณตะเข็บ ทั้งภายนอกและภายในโดยวิธีการเชื่อมแบบ Submerged Arc จากนั้นจึงทำการปรับ

ขนาดท่อให้ได้ตามที่ต้องการโดยใช้เครื่อง Mechanic Expander (ดังแสดงในรูปที่ 1)

กระบวนการ Press-Bending หรือ Roll-Bending เป็นกระบวนการผลิตหลักที่ใช้เมื่อท่อเหล็กกล้ามีความหนาหรือเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกซึ่งมากเกินกว่าที่กระบวนการอื่น ๆ จะสามารถผลิตได้ โดยกระบวนการจะเริ่มจากการเก็บความเรียบร้อยของขอบแผ่นเหล็กก่อน จากนั้นจึงเริ่มตัดขอบโดยใช้เครื่องกดและตัดให้เป็นที่ทรงกระบอกที่สมบูรณ์จากการม้วนหรือการกด แล้วจึงทำการเชื่อมตะเข็บด้วยวิธี Submerge Arc ดังแสดงในรูปที่ 2 ทั้งนี้กระบวนการขึ้นรูปแบบเย็น แบบอุ่นและแบบร้อนได้ถูกนำมาปรับใช้ตามความหนาของและลักษณะรูปร่างภายนอกของท่อเหล็ก

รูปที่ 1 กระบวนการการผลิตท่อแบบ UOE

รูปที่ 2 กระบวนการผลิตท่อแบบ Press-bending หรือ Roll-bending

แผ่นเหล็กสำหรับผลิตท่อกำลังสูง

แผ่นเหล็กที่ใช้สำหรับผลิตท่อกำลังสูงนั้นถูกผลิตขึ้นโดยการคาดการณ์ล่วงหน้าถึงความเปลี่ยนแปลงที่มักจะเกิดขึ้นต่อคุณสมบัติของแผ่นเหล็กในระหว่างขั้นตอนการผลิต แผ่นเหล็กเหล่านี้จะถูกผลิตโดยกระบวนการ TMCP และการทำ Heat Treatment ที่ใช้เตาเผา

TMCP (Thermo-Mechanical Control Process) เป็นกระบวนการผลิตเหล็กแผ่นให้มีคุณสมบัติทางวัสดุที่เหมาะสมโดยการควบคุมรูปแบบในการรีดและอุณหภูมิในระหว่างการรีด รวมถึงการปรับวิธีในการทำให้เย็นตัวลงทันทีหลังจากรีดเสร็จตามความจำเป็น โดยรูปที่ 3 จะแสดงถึงกระบวนการ TMPC ตามมาตรฐาน JIS อนึ่ง ผู้ผลิตเหล็กรายใหญ่ 4 แห่งในญี่ปุ่นได้ร่วมกันพัฒนาระบบ TMCP ของตนเองดังแสดงรายละเอียดตามตารางที่ 3

เหล็กที่ผ่านกระบวนการTMPC นั้นนอกจากจะมีกำลังที่สูงแล้ว ยังมีความแกร่งที่มากด้วย (ทั้งวัสดุหลักและวัสดุที่ใช้เชื่อม) ซึ่งโดยปกติแล้วคุณสมบัติสองอย่างนี้จะไม่พบในวัสดุชนิดเดียวกัน นอกจากนี้ TMPC ยังช่วยให้การผลิตแผ่นเหล็กมีความเหมาะสมต่อการเชื่อมในที่สูงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเชื่อม เช่น การเชื่อมที่ใช้กระบวนการให้ความร้อนก่อนเชื่อม (Preheating) ในอุณหภูมิที่ต่ำ

คุณสมบัติที่ยอดเยี่ยมเหล่านี้ไม่เพียงตอบสนองต่อความต้องการของโครงสร้างระฟ้าและโครงสร้างที่มีระยะห่างระหว่างช่วงเสามาก ๆ แต่มันยังเหมาะสำหรับองค์อาคารที่มีหน้าตัดขนาดเล็กและความหนาไม่มาก

นักอีกด้วย ซึ่งในที่สุดแล้วมันช่วยให้มีอิสระในการก่อสร้างและการออกแบบมากขึ้น รวมไปถึงการลดค่าใช้จ่ายในการขนส่ง การขึ้นรูป และการลดระยะเวลาการทำงานหน้างานลง

ตารางที่ 3 ผู้ผลิตเหล็กที่พัฒนาระบบการ TMPC เป็นของตัวเอง

รูปที่ 3 กระบวนการควบคุมความร้อนสำหรับการรีดเหล็กแผ่น (JIS G201)



(หน้าที่ 16~18)

เสา CFT

-เสาเชิงประกอบของเหล็กกำลังสูงและคอนกรีต-

จากโครงการด้านการวิจัยและพัฒนาที่ได้ถูกแนะนำใน “ระบบโครงสร้างแบบใหม่ที่ใช้นวัตกรรมทางวัสดุโครงสร้าง” ซึ่งเป็นหัวข้อพิเศษในนิตยสาร Steel Construction Today & Tomorrow ฉบับที่ 29 (ตุลาคม 2009) ที่ศึกษาเกี่ยวกับเสา CFT (ท่อเหล็กกรอกคอนกรีต) ที่ใช้ทั้งเหล็กกำลังสูงและคอนกรีตกำลังสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการสำรวจได้ดำเนินการทดสอบเพื่อยืนยันคุณสมบัติของเสา CFT โดยสมการออกแบบโครงสร้างที่ใช้กันอยู่

เป้าหมายหลักของโครงการ ด้านการวิจัยและพัฒนาที่ได้ถูกนำมาหารือใน “ระบบโครงสร้างแบบใหม่ที่ใช้ นวัตกรรมทางวัสดุโครงสร้าง” คือการก่อสร้างระบบอาคารโครงสร้างเหล็กที่ใช้วัสดุโครงสร้างแบบใหม่ ซึ่งทำให้โครงหลักของอาคารมีพฤติกรรมอยู่ภายในช่วง ความยืดหยุ่น (Elastic Range) ถึงแม้จะเกิด แผ่นดินไหวในระดับ 7 (ระดับการสั่นสะเทือนที่แรงที่สุดของสำนักงานอุตุนิยมวิทยาของญี่ปุ่น) คุณสมบัติที่ต้องการของวัสดุเหล็กแบบใหม่ที่จะใช้ใน ระบบโครงสร้างแบบใหม่นั้นได้รวมไปถึงการลดการใช้ทรัพยากรหรือลดภาระต่อสิ่งแวดล้อมและจะต้องมีความทนทานต่อแรงสั่นสะเทือนที่ดี ทั้งนี้ก็เป้าหมายหนึ่งของโครงการนี้คือการพัฒนาอาคารเหล็กที่มีโครงสร้างที่ปลอดภัยและมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน

เหล็กชนิด 800 N/mm²

ระบบโครงสร้างแบบใหม่นี้จำเป็นต้องประยุกต์ใช้เหล็กกำลังสูงอย่างเหมาะสม แต่ทั้งนี้ก็ไม่จำเป็นที่จะต้องคงเงื่อนไขในช่วงพลาสติกไว้ครบทุกตัว (เช่น Yield Ratio) ในการที่จะทำให้โครงสร้างหลักนั้นมีพฤติกรรมอยู่ในช่วงความยืดหยุ่น ซึ่งการใช้ความ ประโยชน์จากกำลังรับน้ำหนักที่สูงนี้จะส่งผลถึงการ

ลดจำนวนการใช้วัสดุเหล็กและลดน้ำหนักของโครงสร้างลง อันจะนำไปสู่การลดค่าใช้จ่ายในงานก่อสร้างในที่สุด

โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการก่อสร้างระบบโครงเหล็ก โดยที่ต้องการให้โครงสร้างหลักยังมีพฤติกรรมอยู่ในช่วง ความยืดหยุ่นแม้เมื่อเกิดแผ่นดินไหวที่ระดับ 7 นั้นจะมีการใช้ประโยชน์ได้อย่างเต็มที่จากการนำเสา CFT กำลังสูงมารับใช้ นอกจากนี้ยังส่งผลให้มีพื้นที่ใช้สอยที่ กว้างขวางมากขึ้นอีกด้วย

เหล็กกล้าชนิด 800 N/mm² นี้ได้ถูกพัฒนาในโครงการวิจัยและพัฒนาด้านการออกแบบภายใต้ขีดจำกัดความยืดหยุ่นที่ความสั้นไหวระดับ 7 โดยการเพิ่มกำลังต้านทานแรงดึงเป็นสองเท่าของผลิตภัณฑ์เหล็กทั่วไป ผลิตภัณฑ์นั้นนอกจากจะมีกำลังต้านทานแรงดึงสูงและมีความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมแล้ว ยังสามารถลดค่าใช้จ่ายและตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ได้ดีเป็นอย่างดีโดยการลดปริมาณของธาตุโลหะเจือ (Alloy) ที่จะต้องใส่เพิ่มเข้าไปในเนื้อเหล็ก และลดขั้นตอนการผลิตโดยใช้ นวัตกรรมและเทคโนโลยีการผลิตแบบใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูง นอกจากนี้การเพิ่มกำลังของวัสดุนี้จะช่วยลดภาระด้านสิ่งแวดล้อมด้วยการลดปริมาณการใช้ผลิตภัณฑ์เหล็กลง ตารางที่ 1 แสดงถึงข้อมูลจำเพาะขอเหล็กกล้า ชนิด 800 N/mm² (H-SA700A และ 700B)

ตารางที่ 1 ข้อมูลจำเพาะของเหล็กกล้า H-SA700A

พฤติกรรมของโครงสร้างเสากำลังสูง CFT

จากการทดสอบของลักษณะโครงสร้างของเสา CFT ที่ถูกผลิตโดยผ่านการรวมของเหล็กกล้าชนิด 800 N/mm² และคอนกรีตกำลังสูงชนิด 100~150 N/mm² เพื่อที่จะยืนยันความสัมพันธ์กับสมการการออกแบบโครงสร้าง (อ้างถึงรูปที่ 1 และ 2) ได้ผลลัพธ์ดังนี้

- การทดสอบความแข็งแรงของเสา CFT สามารถประเมินได้จากวิธีการคำนวณที่มีอยู่
- เมื่อขีดจำกัดความยืดหยุ่น (จุดที่เกิดการคราก) เพิ่มขึ้น การเสียรูปของเสา CFT จะขึ้นอยู่กับค่ากำลังรับน้ำหนักที่ยอมให้ (Allowable Strength) ของวัสดุ ซึ่งอยู่ในช่วงที่มากกว่าค่าผลิตภัณฑ์เหล็กทั่วไป
- ข้อจำกัดของเสา CFT หน้าตัดสี่เหลี่ยมคือสามารถนำมาใช้ได้เฉพาะในกรณีที่เป็นเสาที่ประกอบ (Build Up Column) โดยการเชื่อมเท่านั้น
- ภายใต้เงื่อนไขบางประการ (อัตราส่วนความกว้างต่อความหนาและแรงตามแนวแกนที่มาก) เราจำเป็นที่จะต้องคำนึงถึงการลดกำลังของคอนกรีตลง (รูปที่ 1)
- ในกรณีที่ห้องค้ำอาคารมีอัตราส่วนความกว้างต่อความหนาที่มากและทิศทางของแรงกระทำอยู่ที่ 45 องศา มี

ความจำเป็นที่จะต้องพิจารณารูปทรงและคุณสมบัติวัสดุของมุม R (รูปที่ 2)

ภาพถ่ายที่ 1 การทดสอบความแข็งแรงของเสา CFT
ภาพถ่ายที่ 2 สภาพหลังการทดสอบความแข็งแรงของเสา CFT

รูปที่ 1 การกำหนดค่า C_{yU} โดยพิจารณาแรงตามแนวแกนและอัตราส่วนความกว้างต่อความหนา

รูปที่ 2 การกำหนดค่ามุม R โดยพิจารณาอัตราส่วนความกว้างต่อความหนา

พฤติกรรมด้านความล้าของเสา CFT กำลังสูง

เนื่องจากเสา CFT ถูกออกแบบให้มีอายุการใช้งานในระยะยาว ดังนั้นจึงต้องมีการทดสอบการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของโครงสร้างในช่วงความยืดหยุ่นโดยการใ้น้ำหนักกระทำซ้ำ ๆ ลักษณะเดียวกันกับในขณะที่เกิดแผ่นดินไหวขนาดเล็กและขนาดกลาง รวมถึงน้ำหนักจากลมที่พัดแรงและยังจะต้องมีการทดสอบเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงต่อความแข็งแรง (Rigidity) ในแนวนอนจากน้ำหนักกระทำซ้ำ ๆ (รูปที่ 3) ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าความแข็งแรงในแนวนอนและแนวแกนของเสา CFT ในโครงสร้างอาคารทั้งหมดถูกจำกัดด้วยจำนวนรอบของน้ำหนักที่กระทำ

รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการลดความแข็งแรงของโครงสร้างในแนวนอน (Horizontal Rigidity) ของเสา CFT กำลังสูงและจำนวนรอบของน้ำหนักที่กระทำ

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีโครงสร้างและวัสดุแบบใหม่

อรรถประโยชน์ต่าง ๆ ของระบบโครงสร้างแบบใหม่ ๆ นั้นจะได้รับการพิสูจน์โดยการทดสอบการใช้งานทั้งหมดห้าประเภทหลัก ๆ ซึ่งเป็นรูปแบบที่ถูกใช้งานมากที่สุด ซึ่งการใช้งานห้าประเภทนี้เสา CFT กำลังสูงจะถูกใช้ในการศึกษาเกี่ยวกับการต้านแรงสั่นสะเทือนในอาคารสำนักงานที่มีความสูงปานกลางที่ตั้งอยู่แถบชานเมือง (รูปที่ 4 และ 5)

ในตัวอาคารจะมีเสาหลักติดตั้งอยู่ทั้งสองด้านของอาคารโดยมีส่วนค้ำยันที่ใช้ควบคุมแรงสั่นสะเทือน ถูกติดตั้งให้อยู่ในตำแหน่งที่สามารถต้านทานสั่นสะเทือนได้มากที่สุด เสา CFT กำลังสูงจะถูกวางตำแหน่งอยู่ตรงกลางของตัวอาคารส่วนเสาเหล็กกำลังสูงที่มีความละเอียดมาก ๆ จะถูกจัดตำแหน่งอยู่ที่ตรงส่วนรอบนอกของอาคาร ผลที่ได้คือจะเกิดพื้นที่ว่าง (Open Space) ที่

มีความกว้างถึง 22 เมตร ซึ่งสามารถใช้งานได้หลากหลาย

รูปที่ 4 รูปลักษณะภายนอกของอาคารที่ติดตั้งระบบต้านทานแรงสั่นสะเทือนสำหรับอาคารสำนักงานที่มีความสูงปานกลางซึ่งก่อสร้างอยู่บริเวณชานเมืองโดยใช้ระบบโครงสร้างแบบใหม่

รูปที่ 5 ส่วนประกอบของระบบโครงสร้างที่นำมาใช้สำหรับต้านแรงสั่นสะเทือนต่ออาคารสำนักงานที่มีความสูงปานกลาง



(ปกหลัง)

การอบรมและสัมมนาเชิงปฏิบัติการเกี่ยวกับเหล็กสำหรับการก่อสร้างในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

คณะกรรมการส่งเสริมการตลาดต่างประเทศของสมาพันธ์เหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทย (JISF) ได้จัดการอบรมและสัมมนาขึ้นทั้งหมด 8 ช่วงเกี่ยวกับเหล็กสำหรับการก่อสร้างในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ตั้งแต่ปี 2002 โดยมีวัตถุประสงค์ในการส่งเสริมการใช้โครงสร้างเหล็กในการก่อสร้างภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และขยายพัฒนาทางการตลาดของผลิตภัณฑ์เหล็กจากประเทศไทย

สำหรับปี 2010 นั้น การอบรมและสัมมนาเชิงปฏิบัติการเกี่ยวกับเหล็กสำหรับการก่อสร้างในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ถูกจัดขึ้นในเดือนพฤศจิกายน 2010 โดยมีประเด็นความสนใจไปยังสองประเทศคืออินโดนีเซียและเวียดนาม ภาพรวมของงานนี้ในปี 2010 จะมีการจัดการสัมมนาและอบรมเชิงปฏิบัติการดังนี้

ตาราง: ภาพรวมการสัมมนา