

STEEL CONSTRUCTION TODAY & TOMORROW

(No. 49 December 2016)

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

Thai Version

หนังสือ Steel Construction Today & Tomorrow เวอร์ชันภาษาอังกฤษ จะมี
การจัดพิมพ์ปีละ 3 ครั้ง และจะมีการกระจายไปยังผู้บริหาร และบุคลากรของบริษัท
ในกลุ่มอุตสาหกรรม และองค์กรต่างๆ ทั่วโลก วัตถุประสงค์ของหนังสือนี้ คือการ
นำเสนอถึงมาตรฐานและข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้างเหล็ก ตัวอย่าง
โครงการก่อสร้างยุคใหม่ เทคโนโลยีงานก่อสร้างอันทันสมัย และหัวข้ออื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง
กับงานก่อสร้างอาคาร และงานวิศวกรรมโยธา

เพื่อให้ผู้อ่านชาวไทย ได้เข้าใจบทความในหนังสือนี้ดียิ่งขึ้น ก็ได้มีการดำเนินการ
จัดเตรียมเวอร์ชันภาษาไทย เพื่อแนบไปกับหนังสือเวอร์ชันภาษาอังกฤษ ในส่วนของรูป
ถ่าย ภาพและตาราง จะแสดงในเวอร์ชันภาษาไทยเฉพาะชื่อภาพและชื่อตาราง ซึ่งควร
ต้องดูเวอร์ชันภาษาอังกฤษประกอบไปด้วยเพื่อความสมบูรณ์ชัดเจนของเนื้อหา
นอกจากนี้หากต้องการอ้างอิงรายละเอียดในเชิงเทคนิค ก็โปรดอ้างอิงจากหนังสือเวอร์
ชันภาษาอังกฤษเป็นหลัก

ฉบับที่ 49 เดือนเมษายน 2016: สารบัญ

หัวข้อพิเศษ: เทคโนโลยีโครงสร้างเหล็กสำหรับการต้านทานภัยจากแผ่นดินไหว และสึนามิ

การพัฒนาเทคโนโลยีโครงสร้างเหล็กสำหรับการต้านทานภัยจากแผ่นดินไหวและสึนามิ

■ ภัยจากแผ่นดินไหว และการริเริ่มเทคโนโลยีโครงสร้างเหล็กเพื่อต้านทานภัยจาก
แผ่นดินไหวและสึนามิ 1

■ กฎหมายควบคุมการออกแบบอาคารต้านทานแผ่นดินไหว และคุณสมบัติเชิงกลที่
กำหนดสำหรับผลิตภัณฑ์โครงสร้างเหล็ก 3

■ มาตรฐานการออกแบบอาคารเพื่อรองรับผู้พลัดถิ่นภัยจากสึนามิและข้อเสนอ
สำหรับ อาคารโครงสร้างเหล็กสำหรับการต้านทานภัยจากสึนามิ 5

พื้นฐานการออกแบบอาคารสำหรับผู้พลัดถิ่นภัยจากสึนามิ 7

การปรับปรุงอาคารรองรับผู้พลัดถิ่นภัยจากสึนามิที่เมืองเซ็นได 11

ระบบโครงสร้างอาคารประเภทเสาคาน และอาคารอนุประสงค์ที่สามารถรองรับผู้
พลัดถิ่นภัยจากสึนามิ 13

บทความต่อเนื่อง: สุนทรียสถาปัตยกรรม ในประเทศญี่ปุ่น (1)

อาคารเทศบาลเมืองคุนิมิ

การสร้างอาคารโดยใช้ระบบผสมผสานระหว่างไม้และเหล็ก 15

JSSC Operations ปกหลัง

Page number applies to English-version No. 49 issue.

ฉบับภาษาไทย: ©The Japan Iron and Steel Federation 2016

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@jissf.or.jp

เว็บไซต์: <http://www.jissf.or.jp>

(Pages 1~6)

หัวข้อพิเศษ: เทคโนโลยีโครงสร้างเหล็กสำหรับการต้านทานภัยจากแผ่นดินไหวและสึนามิ

สืบเนื่องจากการเกิดแผ่นดินไหว Great East Japan Earthquake ในปี 2011 สมาพันธ์เหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทย (JISF) ได้จัดทำแผนพับ ที่กำกับหัวข้อว่า “อาคารโครงสร้างเหล็กและการใช้งานผลิตภัณฑ์เหล็กเพื่อการป้องกันภัยอันตรายจากแผ่นดินไหวและสึนามิ” โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเสนอต่อสาธารณะถึงงานก่อสร้างอาคารเพื่อป้องกันภัยอันตรายจากแผ่นดินไหวและสึนามิ ตลอดจนการนำผลิตภัณฑ์เหล็กมาใช้งานก่อสร้างอาคารได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม

สำหรับหัวข้อพิเศษนี้ ได้มีการนำเสนอถึงการให้ความสำคัญกับความปลอดภัยต่อผู้ใช้อาคารจากภัยแผ่นดินไหวและสึนามิด้วยการนำเทคโนโลยีโครงสร้างเหล็กเข้ามาใช้ให้เกิดประโยชน์ พร้อมกับนำเสนอถึงตัวอย่างอาคารสำหรับผู้อพยพหนีภัยจากสึนามิ ตลอดจนหัวข้อหลักอีก 3 หัวข้อ ตั้งแต่หน้า 1 ถึงหน้า 14 อันประกอบไปด้วย

- การพัฒนาเทคโนโลยีโครงสร้างเหล็กเพื่อต้านทานภัยจากแผ่นดินไหวและสึนามิ
- หลักการออกแบบโครงสร้างอาคารเพื่อรองรับผู้อพยพหนีภัยจากสึนามิ
- ตัวอย่างอาคารโครงสร้างเหล็กเพื่อรองรับผู้อพยพหนีภัยจากสึนามิ

การพัฒนาเทคโนโลยีโครงสร้างเหล็กสำหรับการต้านทานภัยจากแผ่นดินไหวและสึนามิ

คณะกรรมการด้านการก่อสร้างอาคาร และคณะกรรมการด้านการตลาดระหว่างประเทศ สมาพันธ์เหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทย

■ ภัยจากแผ่นดินไหว และการริเริ่มเทคโนโลยีโครงสร้างเหล็กเพื่อต้านทานภัยจากแผ่นดินไหวและสึนามิ

ในประเทศญี่ปุ่น มีการนำโครงสร้างเหล็กมาใช้ถึงราว 30 – 40% ของพื้นที่อาคารสร้างใหม่ ซึ่งมีอัตราส่วนการใช้ที่มากกว่าในต่างประเทศ ทั้งนี้หากพิจารณาเฉพาะอาคารที่สูงไม่เกิน 5 ชั้นแล้ว โครงสร้างเหล็กจะมีสัดส่วนการใช้งานถึงกว่า 90% ดังนั้นการได้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มาตรฐาน จะช่วยให้เกิดความปลอดภัย โครงสร้างอาคารมีความสามารถในการต้านทานภัยจากแผ่นดินไหวได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ความเสียหายต่อโครงสร้างเหล็กอันเกิดจากแผ่นดินไหว และแนวทางการป้องกันภัยจากแผ่นดินไหว

ย้อนไปในปี 1995 ซึ่งเป็นปีที่มีการเกิดแผ่นดินไหวครั้งใหญ่ ที่มีชื่อว่า Great Hanshin-Awaji Earthquake ในช่วงนั้นแม้ว่าได้มีการออกมาตรฐานการออกแบบอาคารต้านแผ่นดินไหวฉบับใหม่ ในปี 1981 ซึ่ง ณ เวลานั้นถือได้ว่าเป็นมาตรฐานที่ได้รับการยอมรับกันอย่างแพร่หลาย แต่ก็ยังพบความเสียหายอันเกิดจากการแตกร้าวที่จุดต่อโครงสร้างอันมีสาเหตุมาจากการเชื่อมที่ยังไม่สมบูรณ์ รวมไปถึงความเสียหายในรูปแบบอื่น ๆ กับโครงสร้างเหล็ก (ดังภาพที่ 1) ด้วยเหตุดังกล่าว ส่งผลให้มีการแก้ไขกฎหมายควบคุมอาคารของประเทศญี่ปุ่น ตีพิมพ์ออกมาในปี 2000 โดยอ้างอิงเหตุการณ์แผ่นดินไหวครั้งใหญ่ที่เกิดขึ้นในปี 1995 ซึ่งปรากฏการแก้ไขการให้รายละเอียดจุดต่อโครงสร้างเหล็ก ตลอดจนข้อกำหนดอื่น ๆ เพิ่มเติมสำหรับการประยุกต์ใช้งานโครงสร้างเหล็ก

ในการนี้ อุตสาหกรรมเหล็กของประเทศญี่ปุ่นได้มีการออกผลิตภัณฑ์โครงสร้างเหล็กชนิดใหม่ล่าสุดที่เรียกว่า ผลิตภัณฑ์เหล็กโครงสร้างเกรด SN เป็นผลิตภัณฑ์เหล็กที่ใช้อย่างกว้างขวางก่อสร้างอาคาร ผลิตภัณฑ์ท่อเหลี่ยมเกรด BCR (ท่อสี่เหลี่ยมจัตุรัส ที่ผลิตด้วยกระบวนการขึ้นรูปเย็น) ผลิตภัณฑ์เหล็กสมรรถนะสูงเกรด TMCP (Thermo Mechanical Control Process) เหล็กกำลังสูง (590 N/mm²) สำหรับใช้ในงานโครงสร้างที่ต้านทานแผ่นดินไหว เหล็กgrupพรรณรีดร้อนรูปตัวเอชซึ่งมีความลึกคงที่ในแต่ละช่วงความลึก เหล็กความเค้นที่จุดครากต่ำ (low yield steel) และเหล็กกล้าทนไฟ (fire-resistant steel) ที่ใช้กับงานอาคารหลากหลายรูปแบบ (ดังรูปที่ 1)

ต่อมาเมื่อเกิดเหตุการณ์แผ่นดินไหวครั้งใหญ่ในปี 2011 ที่มีชื่อว่า Great East Japan Earthquake โครงสร้างเหล็กมากมายได้รับความเสียหายอย่างรุนแรงจากผลของแผ่นดินไหวและคลื่นสึนามิ โดยสำหรับกรณีของแผ่นดินไหว ความเสียหายจากการโก่งเดาะและการแตกร้าวของของค้ำอาคารรับแรงด้านข้าง ตลอดจนความเสียหายของข้อต่อของค้ำอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก ก็เป็นรูปแบบความเสียหายที่พบเห็นกันทั่วไป แต่กลับไม่พบความเสียหายกับ เสา คาน หรือของค้ำอาคารโครงสร้างหลักอื่น ๆ แต่อย่างไรรักติ ความเสียหายกับฝ้าเพดาน รางค้ำอาคารภายนอก และของค้ำอาคารที่ไม่ใช่เหล็ก โครงสร้างที่มีการใช้ในโรงยิมหรือโรงละคร ก็ปรากฏพบอยู่ทั่วไป โดยเพื่อบรรเทาความเสียหายในรูปแบบดังกล่าวนี้ ได้มีการจัดทำมาตรฐานทางเทคนิคขึ้นมา

ผลกระทบจากการเกิด Great East Japan Earthquake ได้ส่งผลถึงอาคารศูนย์ราชการซากาชิมาะ จังหวัดโอซาก้า ซึ่งอยู่ไกลออกมาจากจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวถึงกว่า 700 เมตร โดยเพื่อรองรับผลกระทบถึงปัญหาในรูปแบบเดียวกันนี้ในอนาคต การศึกษาถึงมาตรการในการต้านภัยจากแผ่นดินไหวคลื่นช่วงยาว (long-period seismic motions) ก็ได้มีการดำเนินการขึ้น

สำหรับรูปแบบความเสียหาย อันเกิดจากคลื่นสึนามิ ณ เหตุการณ์ Great East Japan Earthquake ก็มีรูปแบบต่าง ๆ เช่น การเคลื่อนตัว การถูกคลื่นซัด การหักโค่นของตัวโครงสร้าง ทั้งโครงสร้างเหล็กและโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก ทั้งนี้ ได้พบว่าโครงสร้างเหล็กจำนวนมากที่ถูกคลื่นสึนามิเข้ากระแทกยังคงตั้งอยู่กึ่งที่ (ดังภาพที่ 2) โดยบทเรียนที่ได้รับจากความเสียหายที่ปรากฏ ก็แสดงไว้ในแนวทางการออกแบบอาคารเพื่อรองรับผู้อพยพหนีภัยจากสึนามิ (ฉบับชั่วคราว) ที่จัดทำโดยหน่วยงานภาครัฐ ซึ่ง ณ ปัจจุบัน ก็มีคณะทำงานได้ดำเนินการศึกษาเพิ่มเติมในรายละเอียดอยู่

แนวทางการป้องกันภัยพิบัติจากแผ่นดินไหวชั้นรุนแรงที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต

ในอนาคต ได้มีการคาดการณ์ว่าจะเกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ที่หลากหลายพื้นที่ในประเทศญี่ปุ่น โดยเพื่อเป็นการลดผลกระทบต่อความรุนแรงต่อชีวิตและทรัพย์สินจากการเกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่นี้ สภาการจัดการภัยพิบัติกลาง สังกัดสำนักงานคณะรัฐมนตรี ได้มีการนำเสนอมาตรการต่าง ๆ มากมาย สภาฯ ได้กำหนดกรอบโดยให้ความสำคัญกับชีวิตของประชาชนเป็นสำคัญ โดยอ้างอิงบทเรียนที่ได้รับจาก Great East Japan Earthquake สภาฯ ยังได้มีการกำหนดระดับของแรงแผ่นดินไหวและแรงจากคลื่นสึนามิ ณ บริเวณ แองนันโค (ดังรูปที่ 2) ซึ่งเป็นแผ่นดินไหวในเขตภาคพื้นดินและแผ่นดินไหวขนาดใหญ่อื่น ๆ เพื่อการทบทวนมาตรฐานป้องกันแผ่นดินไหวดังกล่าวนี้ในอนาคต

ในรายงานสรุปเกี่ยวกับแผ่นดินไหว ณ แองนันโค ซึ่งคาดการณ์กันว่าจะเกิดขึ้นในอนาคตอันใกล้นี้ ได้แสดงถึงผลจากการนำมามาตรการลดความรุนแรงจากภัยพิบัติเข้ามาใช้ โดยพบว่าสามารถลดจำนวนบ้านเรือนที่จะพังถล่มเสียหายได้ถึงราว 40% โดยเป็นการเพิ่มระดับความรุนแรงในการออกแบบอาคารที่ 80% เป็นที่ระดับ 90% และ

จำนวนผู้เสียชีวิตจากภัยจากคลื่นสึนามิ จะลดลงได้สูงสุดถึง 90% ในกรณีที่สามารถอพยพผู้ที่ได้รับการเตือนภัยจากคลื่นสึนามิแต่เนิ่น ๆ ไปยังอาคารหลบภัยที่สร้างเสร็จสมบูรณ์ได้อย่างปลอดภัย

ภาพที่ 1 ความเสียหายต่อโครงสร้างหลักจากเหตุการณ์แผ่นดินไหว Great Hanshin-Awaji Earthquake ในปี 1995

การแตกที่รอยเชื่อม ณ ตำแหน่งปลายเสา อันเนื่องมาจากการเชื่อมที่มีข้อบกพร่อง

การแตกที่ปลายคาน อันเกิดจากความสามารถในการเสียรูปที่น้อยกว่าที่กำหนดไว้

การแตกที่จุดต่อของคานรับแรงด้านข้าง

การแตกที่สลักสมอที่ตำแหน่งฐานเสาอันเกิดจากการเคลื่อนตัวของเสา

รูปที่ 1 การผลิตโครงสร้างและพัฒนาการของผลิตภัณฑ์เหล็กยุคใหม่ในประเทศญี่ปุ่น

ภาพที่ 2 ความเสียหายต่อโครงสร้างหลัก จากแผ่นดินไหวและคลื่นสึนามิในเหตุการณ์ Great East Japan Earthquake ในปี 2011

การพังถล่มของโครงเฝ้าเพดาน

การถูกพัดพังเสียหายที่องคอาคารภายนอก แต่ที่โครงสร้างอาคารยังอยู่กับที่

การถูกพัดพังเสียหายที่องคอาคารภายนอก และการแตกขององคอาคารรับแรงด้านข้าง แต่โครงสร้างอาคารยังอยู่กับที่

While studs caused deformation due to collision of drifts, the building framing remained intact.

รูปที่ 2 ลักษณะการกระจายตัวของความรุนแรงจากการเกิดแผ่นดินไหว ณ บริเวณแอ่งนัคโน ซึ่งคาดการณ์ว่าจะเกิดขึ้นในอนาคตอันใกล้

■ กฎหมายควบคุมการออกแบบอาคารต้านทานแผ่นดินไหว และคุณสมบัติเชิงกลที่กำหนดสำหรับผลิตภัณฑ์โครงสร้างเหล็ก

มาตรฐานการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหวฉบับใหม่

ในมาตรฐานการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหว ปี 1981 ได้ระบุถึงวิธีการคำนวณที่ต้องทำการตรวจสอบความสามารถในการต้านทานแรงจากแผ่นดินไหวของตัวอาคาร ที่ระดับความรุนแรงจากแผ่นดินไหว 2 ระดับ (ประกอบไปด้วย แผ่นดินไหวความรุนแรงระดับปานกลาง และความรุนแรงมาก) สำหรับมาตรฐานการออกแบบฉบับดังกล่าวนี้ ต้องการให้อาคารสามารถต้านทานแผ่นดินไหวความรุนแรงระดับปานกลาง (ระดับไม่เกิน 5 จากระดับความรุนแรง 7 ระดับตามที่กรมอุตุนิยมวิทยาของประเทศญี่ปุ่นได้กำหนดไว้) ได้อย่างปลอดภัย ไม่เกิดความเสียหายใด ๆ ต่อองคอาคารโครงสร้าง กล่าวคือองคอาคารยังคงอยู่ในช่วงเลาสติก และต้องการให้อาคารไม่เกิดการวิบัติพังถล่มลงมาจากความเสียหายต่อชีวิตของผู้ใช้อาคาร (โครงสร้างอาคารเกิดความเสียหายได้บ้าง) ในกรณีที่เกิดแผ่นดินไหวขนาด 6 ขึ้นไป

ทั้งนี้ มาตรฐานการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหวฉบับดังกล่าว ได้พัฒนาบนหลักการที่ยอมให้เกิดการเสียรูปอย่างถาวรกับองคอาคารโครงสร้าง (plasticization of structural members) ได้แต่ไม่เกิดการพังถล่มของตัวอาคาร อันเกิดจากการที่โครงสร้างสามารถดูดซับพลังงานจากการเกิดแผ่นดินไหวผ่านการเสียรูปขององคอาคารโครงสร้างได้ (ดังรูปที่ 3)

สำหรับอาคารโครงสร้างเหล็ก ข้อกำหนดการออกแบบและวิธีการในการออกแบบเพื่อป้องกันการโก่งคดและการแตกร้าวของจุดต่อได้มีการรวบรวมไว้ในมาตรฐานการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหวฉบับใหม่ ซึ่งความสามารถในการเสียรูปแบบพลาสติกของโครงสร้างเหล็ก สามารถแสดงได้อย่างชัดเจนในมาตรฐานฉบับดังกล่าว

การออกแบบอาคารโครงสร้างเหล็กต้านทานแผ่นดินไหวและผลิตภัณฑ์เหล็กที่ใช้

มาตรฐานการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหวฉบับใหม่ ได้กำหนดให้หน่วยแรงภายในที่เกิดขึ้นในองคอาคารโครงสร้างเหล็กมีค่าต่ำกว่าหน่วยแรงดึงที่จุดคราก อันส่งผลให้ชิ้นส่วนโครงสร้างเหล็กไม่เกิดความเสียหายใด ๆ เมื่อเกิดแผ่นดินไหวขนาดเล็กถึงขนาดกลาง และเมื่อเกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ โครงสร้างอาคารก็ไม่เกิดการพังทลายลงมาด้วยเหตุที่ได้มีการออกแบบให้ระบบโครงสร้างมีความเหนียว สามารถสลายพลังงานเมื่อเกิดแผ่นดินไหวได้

เพื่อให้โครงสร้างเหล็กมีสมรรถนะดังที่ต้องการดังกล่าวนั้น ผลิตภัณฑ์เหล็กที่นำมาใช้จำเป็นต้องมีค่าหน่วยแรงดึงที่จุดครากและค่ากำลังรับแรงดึง สูงกว่าผลิตภัณฑ์เหล็กที่ใช้กันอยู่ทั่วไป นอกจากนี้ สมรรถนะในด้านอื่น ๆ ก็มีความจำเป็นด้วยเช่นกัน อันประกอบไปด้วย

ประการแรก: แม้ว่าส่วนที่จะเกิดการยึดตัวอย่างถาวรจะถูกกำหนดให้อยู่ในบริเวณหนึ่ง ๆ แต่อย่างไรก็ดี มีหลายกรณีที่ชิ้นส่วนของอาคารบางชิ้นที่ไม่ได้ออกแบบให้เกิดการยึดตัวถาวรจะเกิดการยึดตัวถาวร และองคอาคารบางชิ้นที่ออกแบบให้เกิดการยึดตัวถาวรจะไม่เกิดการยึดตัวถาวร ด้วยเหตุที่ไม่ได้มีการพิจารณาถึงการเบี่ยงเบนของค่าหน่วยแรงดึงที่จุดคราก ซึ่งอาจมีการเบี่ยงเบนที่ค่อนข้างกว้าง ส่งผลให้พฤติกรรมของโครงสร้างที่เกิดขึ้นจริง ไม่สอดคล้องกับพฤติกรรมที่ได้ออกแบบไว้ การแก้ไขปัญหาดังกล่าว สามารถทำได้โดยการกำหนดขอบเขตการเบี่ยงเบนของกำลังรับแรงดึงที่จุดครากพร้อมกำหนดค่าขีดจำกัดบนและขีดจำกัดล่าง (ดังรูปที่ 4)

ประการที่สอง: โดยทั่วไปแล้วนั้น โครงสร้างเหล็กจะถูกออกแบบให้ทนทานต่อการเกิดแผ่นดินไหว โดยการพิจารณาความสามารถในการเสียรูปหรือการให้ตัวขององคอาคารโครงสร้างเหล็ก แต่อย่างไรก็ดี ขนาดหรือขอบเขตพื้นที่ที่ชิ้นส่วนของอาคารจะเกิดการเสียรูปอย่างถาวรจะมีขนาดเล็กลงเมื่ออัตราส่วนคราก (yield ratio มีค่าเท่ากับหน่วยแรงดึงที่จุดครากหารด้วยกำลังรับแรงดึง) มีค่ามาก ส่งผลให้ไม่สามารถระบุถึงความสามารถในการเสียรูปหรือการให้ตัวขององคอาคารโครงสร้างเหล็กได้ ปัญหาดังกล่าวสามารถแก้ไขได้โดยการกำหนดขอบบนของอัตราส่วนครากของผลิตภัณฑ์เหล็ก (ดังรูปที่ 5)

ไม่แต่เฉพาะคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์โครงสร้างเหล็กที่ต้องการดังแสดงข้างต้นแล้ว ความสามารถในการเชื่อมได้ดียังเป็นอีกคุณสมบัติที่ต้องการด้วย ผลิตภัณฑ์เหล็กเกรด SN ซึ่งมีคุณสมบัติต่าง ๆ ดังที่ต้องการข้างต้น จึงได้มีการจัดทำเป็นมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของประเทศญี่ปุ่นในปี 1994 ภายใต้รหัสมาตรฐาน JIS G3136 (เหล็กกริดสำหรับโครงสร้างอาคาร) ซึ่งใช้เฉพาะสำหรับงานก่อสร้างอาคาร โดยมีลักษณะผลิตภัณฑ์ในรูปแบบต่าง ๆ ทั้ง เหล็กแผ่นหนา เหล็กตัดเป็นแถบ เหล็กรูปพรรณ และเหล็กแผ่นบาง โดยกำหนดกำลังรับแรงดึงไว้สองระดับคือ 400 N/mm² และ 490 N/mm² (ดังแสดงในตารางที่ 1 และตารางที่ 2)



หลักการข้างต้น ได้อธิบายถึงแนวทางทางเทคนิคเพื่อบรรลุสมรรถนะที่ต้องการของผลิตภัณฑ์เหล็กที่นำมาใช้กับอาคารต้านทานแผ่นดินไหว โดยนอกเหนือจากระบบ

ด้านทานแผ่นดินไหวที่กล่าวถึงแล้ว ระบบโครงสร้างที่เรียกว่า โครงสร้างแยกฐาน (base-isolation structure) และ โครงสร้างควบคุมผลตอบสนอง (response-control structure) ได้มีการนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายมากขึ้น โดยเมื่อได้มีการนำมาใช้กับโครงสร้างอาคาร ก็พบว่าอาคารมีศักยภาพในการต้านภัยจากแผ่นดินไหวได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถลดความเสียหายที่เกิดขึ้นกับคนและเสาได้เป็นอย่างดีแม้เมื่อต้องเผชิญกับแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ (ดังรูปที่ 6)

รูปที่ 3 การดูดซับพลังงานระหว่างการเกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่

รูปที่ 4 ผลของการเบี่ยงเบนของค่าหน่วยแรงดึงที่จุดครากที่มีต่อการเสียรูปอย่างถาวรขององค์อาคารโครงสร้างเหล็ก

รูปที่ 5 ผลของอัตราส่วนครากต่อความสามารถในการเสียรูปอย่างถาวรขององค์อาคารโครงสร้างเหล็ก

ตารางที่ 1 คุณสมบัติทางกล ของเหล็กรีดสำหรับงานโครงสร้างอาคาร JIS G3136

(อ้างอิงข้อกำหนดเทียบเคียงตามมาตรฐานยุโรป อเมริกัน และญี่ปุ่น)

ตารางที่ 2 คุณสมบัติทางเคมี ของเหล็กรีดสำหรับงานโครงสร้างอาคาร JIS G3136

(อ้างอิงข้อกำหนดเทียบเคียงตามมาตรฐานยุโรป อเมริกัน และญี่ปุ่น)

รูปที่ 6 โครงสร้างด้านแผ่นดินไหว โครงสร้างแยกฐาน และโครงสร้างควบคุมผลตอบสนอง

■ มาตรฐานการออกแบบอาคารเพื่อรองรับผู้อพยพหนีภัยจากสึนามิและข้อเสนอสำหรับ อาคารโครงสร้างเหล็กสำหรับการต้านทานภัยจากสึนามิ

แนวทางในการออกแบบโครงสร้างอาคารเพื่อรองรับผู้อพยพหนีภัยจากสึนามิ

สำนักคณะรัฐมนตรี ได้มีการนำเสนอแนวทางการออกแบบอาคารเพื่อรองรับผู้อพยพหนีภัยจากสึนามิ ในปี 2005 โดยจากการสำรวจผลกระทบจากภัยพิบัติที่เกิดขึ้นจาก Great East Japan Earthquake ในปี 2011 มาตรฐานทางเทคนิคสำหรับการออกแบบอาคารเพื่อรองรับผู้อพยพหนีภัยจากสึนามิได้มีการจัดทำขึ้น อันประกอบไปด้วย แนวทางฉบับชั่วคราว (หมายเลข 1318 ออกโดย กระทรวงที่ดิน ระบบสาธารณูปโภค คมนาคม และการท่องเที่ยว ในปี 2011) และเอกสารแนบ (แนวทางฉบับใหม่ หมายเลข 2570 ออกโดยผู้อำนวยการสำนักก่อสร้างบ้าน กระทรวงที่ดิน ระบบสาธารณูปโภค คมนาคม และการท่องเที่ยว ในปี 2011)

ในมาตรฐานทางเทคนิคดังกล่าว สำนักคณะรัฐมนตรี ได้มีการยกเลิกข้อกำหนดของระบบโครงสร้าง ที่ต้องเป็นโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก และโครงสร้างวัสดุผสมเหล็ก-คอนกรีตเสริมเหล็ก และนอกจากนี้ข้อกำหนดสมรรถนะที่ต้องการสำหรับอาคารเพื่อรองรับผู้อพยพหนีภัยจากสึนามิได้มีการขยายความเพื่อความกระจ่างที่ชัดเจนยิ่งขึ้น โดยมีการนำเสนอถึงการทำโครงสร้างเหล็กเข้ามาใช้ นอกเหนือจากโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก และโครงสร้างวัสดุผสมเหล็ก-คอนกรีตเสริมเหล็ก

นอกจากนี้ ในการคำนวณแรงดันและแรงกระทำจากคลื่นสึนามิ ได้มีการนำเสนอสัมประสิทธิ์การลดค่าแรงกระทำที่นำมาพิจารณาออกแบบ อันเป็นผลมาจากตรรกะทางด้านแผนการบริหารจัดการ เช่น อาคารมีส่วนโครงสร้างสำหรับหลบภัย ภายในตัวอาคารหรือไม่ หรืออาคารมีการติดตั้ง pilotis structure หรือไม่ ในขณะเดียวกัน เพื่อให้เกิดความปลอดภัยมากขึ้น การพิจารณาคำนวณโครงสร้าง เพื่อป้องกันการพลิกคว่ำ และการเลื่อนไถลของตัวอาคาร เมื่อเกิดสึนามิ ตลอดจนการคำนวณแรงลอยตัวของตัวอาคารก็เป็นสิ่งที่แนะนำให้พิจารณาดำเนินการ (ดังรูปที่ 7)

Proposal of Tsunami-resistant Steel Structures

ข้อเสนอสำหรับ อาคารโครงสร้างเหล็กสำหรับการต้านทานภัยจากสึนามิ

เพื่อสนองตอบต่อความต้องการที่เกิดขึ้น สมาพันธ์เหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทย ญี่ปุ่นได้จัดทำข้อเสนอการออกแบบอาคาร ที่มีการใช้ “ระบบโครงสร้างยุคใหม่ที่มีการวิศคุณวิศวกรรมมาใช้ในงานโครงสร้าง” ที่สามารถช่วยในการรองรับคลื่นยักษ์สึนามิ และเพื่อป้องกันความเสียหายที่เกิดขึ้นกับตัวอาคารจากการเกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ระดับ 7 (ดังรูปที่ 8) การใช้ “ระบบโครงสร้างยุคใหม่” มีตั้งแต่ ระบบโครงสร้างป้องกันคลื่นระบบบ้านสำเร็จรูป และศูนย์อำนวยความสะดวกเพื่อป้องกันภัยพิบัติ ที่มีการนำเสาต่อเหล็กกรอกคอนกรีตและ pilotis structure เข้ามาใช้ (ดังรูปที่ 9)

รูปที่ 7 ขั้นตอนการออกแบบโครงสร้างอาคารเพื่อรองรับผู้อพยพหนีภัยจากสึนามิ

รูปที่ 8 “ระบบโครงสร้างยุคใหม่ที่มีการวิศคุณวิศวกรรมมาใช้ในงานโครงสร้าง”

รูปที่ 9 ข้อเสนอสำหรับอาคารโครงสร้างเหล็กเพื่อรองรับผู้อพยพหนีภัยจากสึนามิ

—โครงการ “การสร้างความแข็งแกร่งของชาติ” และอุตสาหกรรมเหล็กของประเทศไทย—

แผ่นดินไหวขนาดใหญ่ ตัวอย่างเช่น Great East Japan Earthquake ในปี 2011 ได้ส่งผลต่อความเสียหายเป็นบริเวณกว้าง โดยจากเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นนับครั้งไม่ถ้วนนี้ สมาพันธ์เหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทยได้มีการจัดทำแบบสำรวจที่เกี่ยวข้องกับงานโครงสร้างเหล็กเพื่อมุ่งหวังให้เกิดความปลอดภัยจากการเกิดแผ่นดินไหวและสึนามิต่อโครงสร้างประเภทต่าง ๆ โดยจากที่เกิดขึ้นกับทางด่วนชูโอะในเดือนธันวาคม 2012 ที่เกิด ceiling collapse ระบบโครงสร้างสาธารณูปโภคในประเทศไทยญี่ปุ่นกำลังเผชิญกับปัญหาการเสื่อมสภาพของโครงสร้างไปตามระยะเวลา โดยเพื่อให้สามารถรองรับกับเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงได้มีการริเริ่มโครงการ “การสร้างความแข็งแกร่งของชาติ” อันเป็นวาระแห่งชาติของประเทศไทยญี่ปุ่น

สำหรับอุตสาหกรรมเหล็กของประเทศไทยญี่ปุ่น ได้มีการเน้นย้ำให้มีการนำเทคโนโลยีโครงสร้างเหล็กเข้ามาใช้ โดยให้ความร่วมมือกับองค์กรภาคส่วนต่าง ๆ ของประเทศ ซึ่งสมาพันธ์เหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทยก็ได้มีการส่งเสริมให้เกิดการใช้เหล็กอย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพเพื่อต้านทานแผ่นดินไหว สึนามิ และภัยธรรมชาติอื่น ๆ อันสอดคล้องกับโครงการ “การสร้างความแข็งแกร่งของชาติ” ที่เป็นวาระแห่งชาติของรัฐบาล ทั้งส่วนกลางและส่วนท้องถิ่น



"Earthquake and Tsunami Safety of Steel-structure Buildings and Application of Steel Products,"



Fracture of weld at column end due to inferior welding



Fracture at beam end that occurred prior to its sufficient deformation



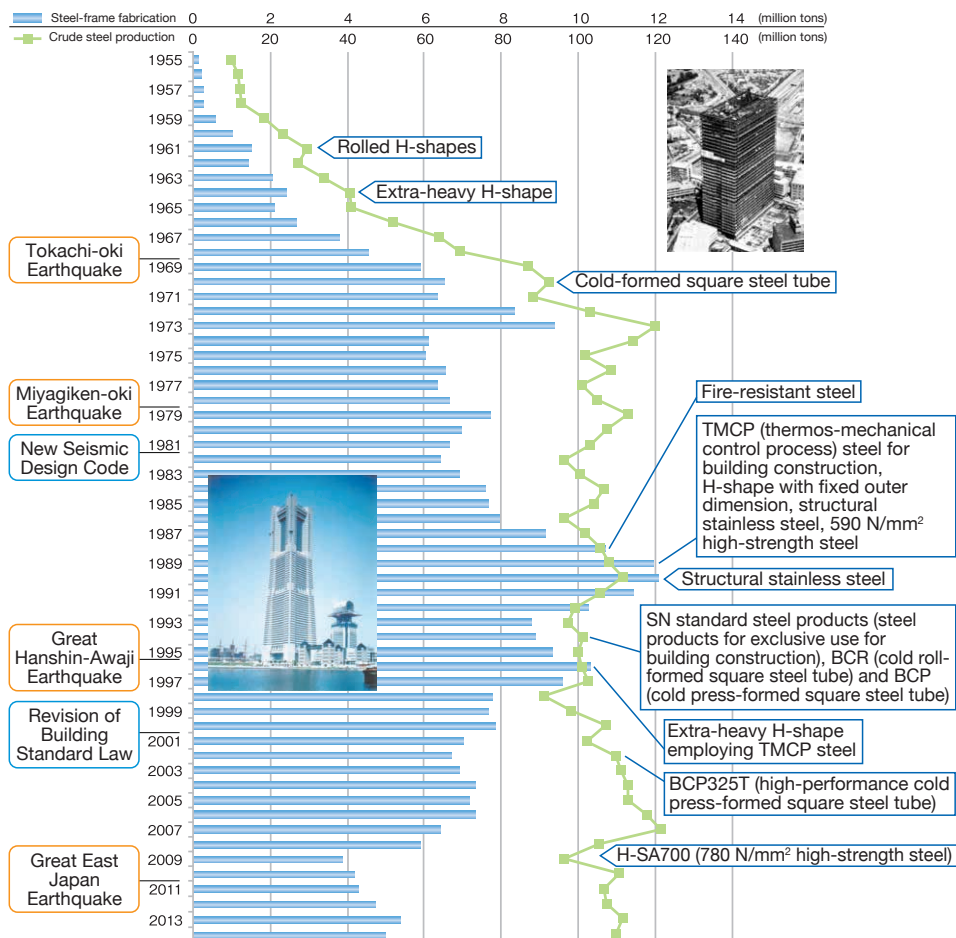
Fracture of brace connection



Fracture of anchor bolts of column base to cause dislocation of column

Photo 1 Damages of steel-frame structures in the Great Hanshin-Awaji Earthquake of 1995
(*Photos: Report on Damages to Steel Building Structures in the 1995 Hanshin-Awaji Earthquake, Steel Committee of Kinki Branch, Architectural Institute of Japan)

Fig. 1 Production of Steel Frames and Development of New Steel Products in Japan





Ceiling members fell due to earthquakes.



While exterior members were washed out, the building framing remained intact.



While exterior members were washed out and fracture of brace was found, the building structure remained intact.



While studs caused deformation due to collision of drifts, the building framing remained intact.

Photo 2 Earthquake- and tsunami-induced damages to steel-structure buildings in Great East Japan Earthquake (Photos: Surveys of Great East Japan Earthquake in 2011 (Preliminary Report)—National Institute for Land and Infrastructure Management (Data No. 636), Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism; and Building Research Institute (Data No. 132))

Fig. 2 Profile of Strong Seismic Intensity Scales in the Great Nankai Trough Earthquake Forecasted to Occur in the Near Future

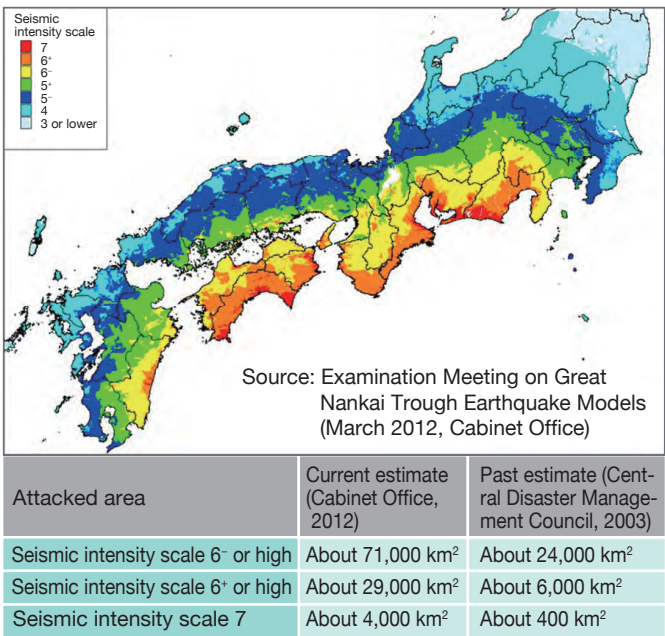


Fig. 3 Energy Absorption during Great Earthquakes

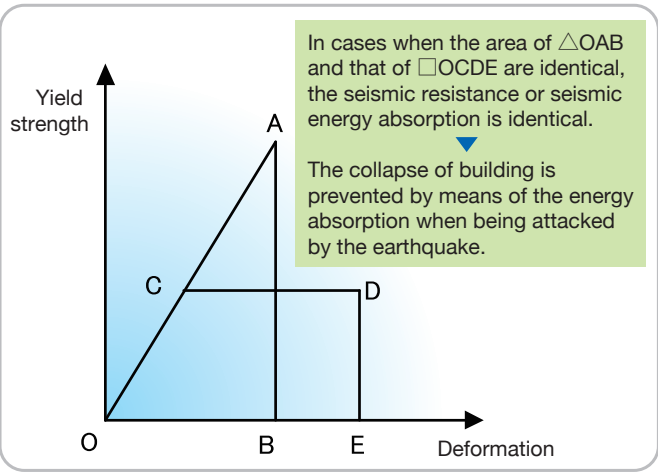


Fig. 4 Effects of Yield Point Deviation on Plasticization of Structural Members

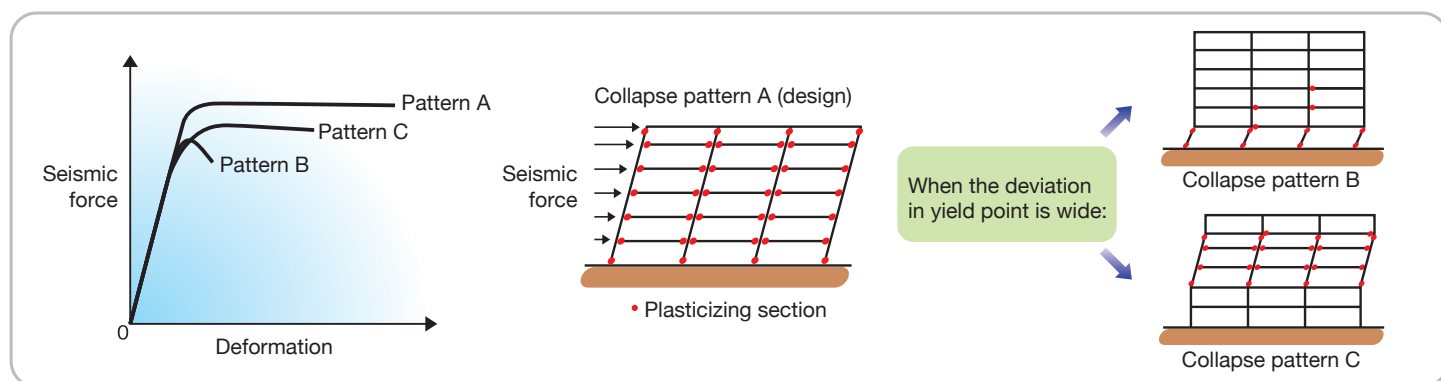


Fig. 5 Effects of Yield Ratio on Plastic Deformation Capacity of Structural Members

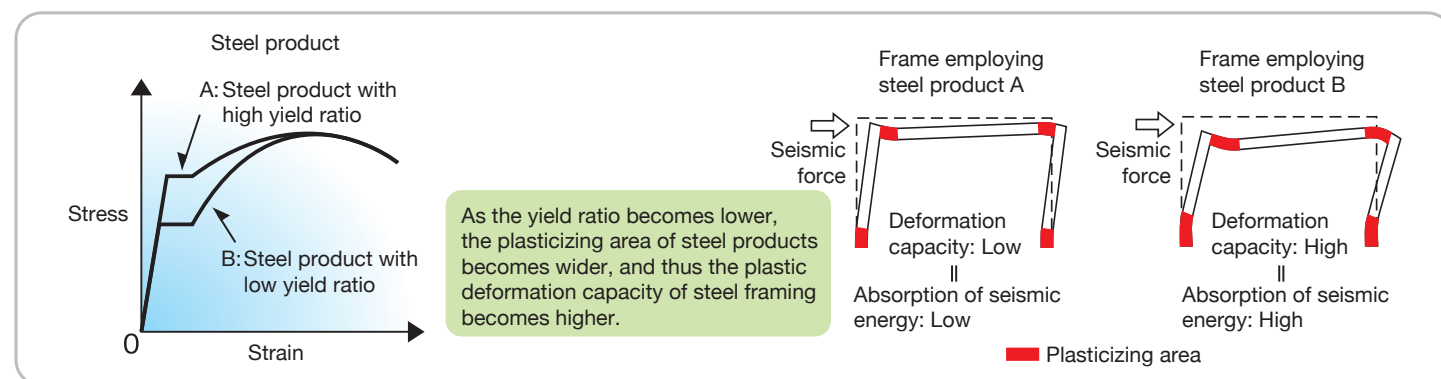


Table 1 Mechanical Properties in JIS G3136 Rolled Steels for Building Structures
(Reference: Corresponding specifications in EN, ASTM and JIS)

Designation	Yield point or strength	Tensile strength (N/mm ²)	Yield ratio (%)	Elongation (%)	Charpy impact energy (J)
EN 10025-2 S355J0/J2	(16 < t ≤ 40 mm) Min. 345 (40 < t ≤ 63 mm) Min. 335 (63 < t ≤ 80 mm) Min. 325 (80 < t ≤ 100 mm) Min. 315	(t ≤ 100 mm) Min. 470 Max. 630	—	(t ≤ 40 mm) Min. 22 (40 < t ≤ 63 mm) Min. 21 (63 < t ≤ 100 mm) Min. 20 *Proportional test piece	(S355J0) 0°C/Min. 27 (S355J2) -20°C/Min. 27
JIS G3106 SM490B/C	(16 < t ≤ 40 mm) Min. 315 (40 < t ≤ 100 mm) Min. 295	Min. 490 Max. 610	—	(16 < t ≤ 50 mm) JIS # 1A: Min. 21 (40 mm < t) JIS # 4: Min. 23	(SM490B) 0°C/Min. 27 (SM490C) 0°C/Min. 47
JIS G3136 SN490B/C*	(16 ≤ t ≤ 40 mm) Min. 325 Max. 445 (40 ≤ t ≤ 100 mm) Min. 295 Max. 415	Min. 490 Max. 610	Max. 80	(16 < t ≤ 50 mm) JIS # 1A: Min. 21 (40 mm < t) JIS # 4: Min. 23	0°C/Min. 27
ASTM A572 Gr. 50	Min. 345	Min. 450	—	ASTM 8": Min. 18	—

*Through-thickness property of Z25 is specified.

Table 2 Chemical Composition in JIS G3136 Rolled Steels for Building Structures
(Reference: Corresponding specifications in EN, ASTM and JIS)

Designation	Chemical composition (%)							
	C	Si	Mn	P	S	N	Cu	Ceq**
EN 10025-2 S355J0/J2	(16$t\leq 40\text{ mm}$) Max. 0.20 (40 mmt) Max. 0.22	Max. 0.55	Max. 1.60	(S355J0) Max. 0.03 (S355J2) Max. 0.025	(S355J0) Max. 0.03 (S355J2) Max. 0.025	(S355J0) Max. 0.012 (S355J2) —	Max. 0.55	($t\leq 30\text{ mm}</math>)Max. 0.45(30$t\leq 150\text{ mm}$)Max. 0.47$
JIS G3106 SM490B/C	($t\leq 50\text{ mm}</math>)Max. 0.18(50 mmt)(B) Max. 0.20(C) Max. 0.18$	Max. 0.55	Max. 1.65	Max. 0.035	Max. 0.035	—	—	—
JIS G3136 SN490B/C	($t\leq 50\text{ mm}</math>)Max. 0.18(50 mmt)Max. 0.20$	Max. 0.55	Max. 1.65	(SN490B) Max. 0.030 (SN490C) Max. 0.020	(SN490B) Max. 0.015 (SN490C) Max. 0.008	—	—	($t\leq 40\text{ mm}</math>)Max. 0.44(40 mmt)Max. 0.46$
ASTM A572 Gr. 50	Max. 0.23	Max. 0.40	Max. 1.35	Max. 0.040	Max. 0.050	—	—	—

**Weldability index

EN Ceq=C+Mn/6+(Cr+Mo+V)/5+(Ni+Cu)/15

JIS Ceq=C+Mn/6+Si/24+Ni/40+Cr/5+Mo/4+V/14

Fig. 6 Seismic-resistant, Base-isolation and Response-control Structures

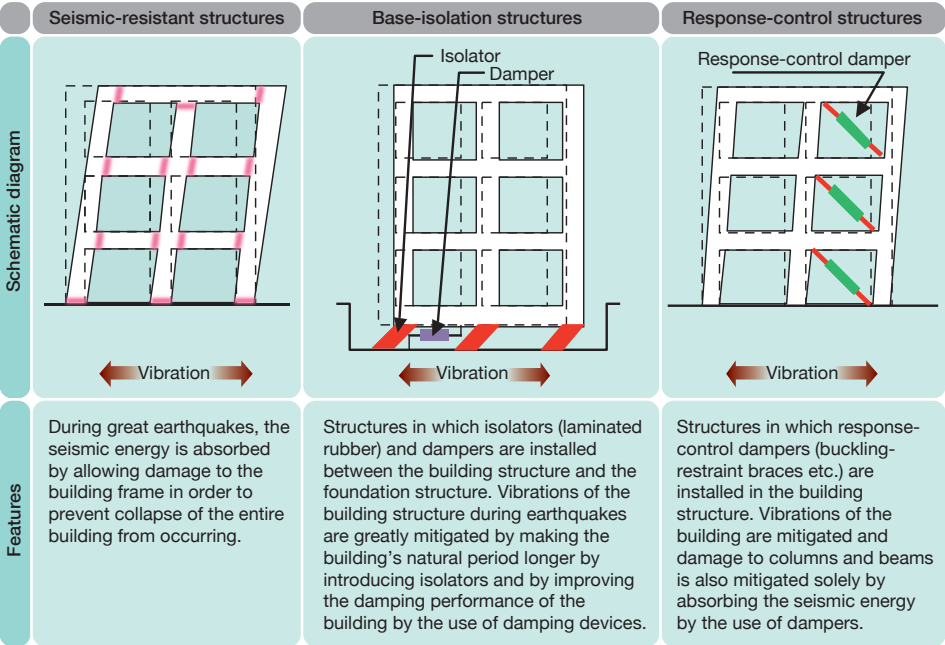
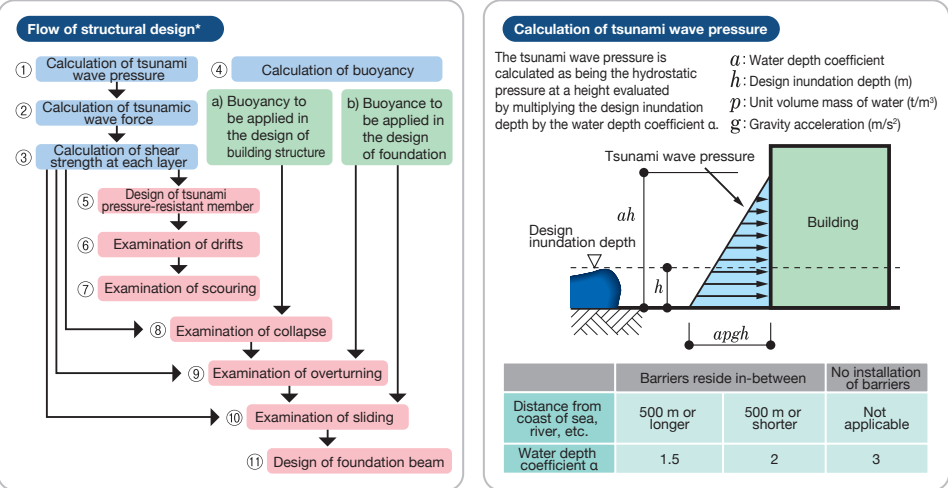


Fig. 7 Structural Design Method for Tsunami Evacuation Buildings



*Examples of design of tsunami evacuation buildings based on the New Guidelines are published in the following website:
The Japan Building Disaster Prevention Association: Opening of "Commentary on Structural Requirements for Tsunami Evacuation Buildings and Other Structures"
http://www.kenchiku-bosai.or.jp/seismic/tsunami_text.html

Fig. 8 “New Structural System Buildings Employing Innovative Structural Materials”

1) No damage even when attacked by an earthquake with a seismic intensity scale of 7

- Avoiding plasticization of building framing by the use of high-strength steel H-SA700 having a tensile strength twice that of conventional steel and response-control mechanism as well
- Maintaining the main structural section intact when attacked by an earthquake with a seismic intensity scale of 7 so as to protect human life and to secure continued business operations after experiencing a disaster

2) Structural planning to resist to huge tsunamis

- Securing the structural safety against huge tsunamis and their backwashes by means of the “New Structural System Buildings”
- Enhanced tsunami measures, reduced tsunami pressure by minimizing the column size and reduced number of columns and raising an entire town block by the use of high-strength steel framing

3) Buildings with longer service life

- Flexibility to allow future change in planning by adopting a skeleton-infill (SI) design, in which a building structure and its exterior-interior structures and equipment are designed as separate structures, as well as by adopting large spanning for framing structure
- Easy restoration of damaged buildings by adopting the exterior/interior members and equipment design in which these members and equipment are designed to be renewed

4) Resources savings

- Realization of environmentally-friendly buildings by adopting high strength steel, which can lead to the reduction in the total weight of steel framing and in CO2 emissions
- Easy reuse and recycling of steel products by adopting SI design

Important facilities on raised town block



In order to protect the building from great earthquakes and huge tsunamis, the entire town block is raised, in which the upper area accommodates high-function administrative and regional disaster-prevention functions, and the lower area houses a parking lot and rental space

Restoration housing on raised town block



Raised town block is developed using “New Structural System Buildings Employing Innovative Structural Materials,” in which the lower area houses existing commercial and business facilities as well as newly-located commercial facilities, and the upper area accommodates multi-storied residential buildings constructed as they encircle a refuge square.

Distribution center



Distribution center with mixed three-dimensional arrangement of plants and offices capitalizing on high ceiling heights and large spans and with floors that are easily accessible by cars using two ramps

Fig. 9 Proposal of Tsunami Evacuation Facilities Employing Steel Structures

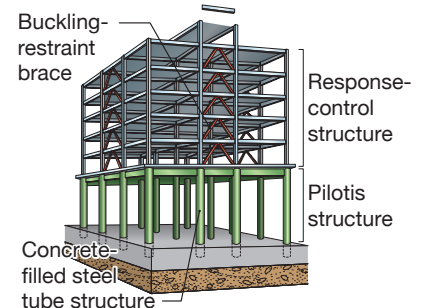
Tsunami evacuation tower

- Realization of lightweight building frame with high seismic and tsunami resistance that is enabled by the use of square steel tube-H shape structures
- Tower framing, configuration and height that conform to tsunami height (inundation depth) and the number of evacuees



Building serving as disaster-prevention building

- Adopting a pilotis structure with a height surpassing the assumed tsunami height to avoid tsunamis thrust
- Adopting CFT columns with high yield strength and rigidity
- Adopting response-control structures in which buckling-restraint braces are installed so as to improve the seismic-resistant performance of buildings
- Lightweight buildings by the use of steel structures that can result in less seismic force applied to pilotis structures



(Pages 7~10)

พื้นฐานการออกแบบอาคารสำหรับผู้อพยพหนีภัยจากสึนามิ

โดย Kenzo Taka

อาจารย์ มหาวิทยาลัย Kobe

Great East Japan Earthquake เป็นแผ่นดินไหวขนาดยักษ์ขนาด แม็กนิจูด 9.0 เกิดขึ้นเมื่อวันที่ 11 มีนาคม 2011

ความเสียหายที่เกิดขึ้นต่ออาคารเนื่องจาก แรงแผ่นดินไหวมีไม่มากนักเมื่อเทียบกับผลกระทบต่อนิเวศและทรัพย์สินอันเนื่องมาจากสึนามิ ซึ่งเป็นที่ประจักษ์ชัดถึงความรุนแรงในการทำลายล้าง อาคารโครงสร้างเหล็กมากมายพบกับความเสียหายอันเนื่องมาจากคลื่นสึนามิ 3 ใน 4 ของอาคารเกิดการพังทลาย บางส่วนเกิดการหักโค่น การถูกกัดเซาะ การสูญเสียชิ้นส่วนของอาคารทั้งภายในและภายนอกอันเนื่องมาจากการชน้ำ ตลอดจนรูปแบบความเสียหายประเภทอื่นๆอีกมากมาย (ภาพที่ 1-5)

ภาพที่ 1 อาคารโครงสร้างเหล็กที่ถูกทำลายจากคลื่นสึนามิ

ภาพที่ 2 อาคารโครงสร้างเหล็กที่ถูกเรือที่ลอยมากับกระแสคลื่นเข้ากระแทก

ภาพที่ 3 อาคารที่พลิกหักโค่นเนื่องจากคลื่นสึนามิ

ภาพที่ 4 อาคารที่ถูกกระแทกจนเอียงจากคลื่นสึนามิ

ภาพที่ 5 อาคารโครงสร้างเหล็กที่ชิ้นส่วนของอาคารทั้งภายในและภายนอกถูกกระแทกจนหลุดออก จากคลื่นสึนามิ

จากความเสียหายที่เกิดขึ้นดังปรากฏนี้ สถาบันวิทยาศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยโตเกียว และสถาบันวิจัยอาคารได้เข้าทำการสำรวจ เก็บข้อมูล และค้นคว้าวิจัยถึงแรงจากคลื่นสึนามิ ซึ่งนำไปสู่ ข้อเสนอแนะชั่วคราว (ฉบับปรับปรุงใหม่) ในการออกแบบอาคารเพื่อรองรับผู้อพยพจากสึนามิ ซึ่งอ้างอิงจากความเสียหายที่เกิดขึ้นกับอาคารจากการเกิด Great East Japan Earthquake และมีเอกสารแนบท้ายที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการออกแบบอาคารให้ปลอดภัยจากคลื่นสึนามิ ซึ่งตีพิมพ์ออกมาในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2011 โดยกระทรวงที่ดิน ระบบสาธารณสุขและวัฒนธรรม และการท่องเที่ยว อันประกอบไปด้วยรายละเอียดการออกแบบโครงสร้างอาคารให้ทนทานต่อแรงจากคลื่นสึนามิซึ่งอ้างอิงผลกระทบที่เกิดขึ้นจาก Great East Japan Earthquake ซึ่งต่อมากระทรวงฯ ก็ได้มีการกระจายข้อมูลดังกล่าวไปยังหน่วยงานท้องถิ่น

สำหรับแนวทางการออกแบบอาคารสำหรับผู้อพยพหนีภัยจากสึนามิ (ตีพิมพ์โดยรัฐบาลในเดือนมิถุนายน ปี 2005) แรงจากคลื่นสึนามิที่กระทำต่อโครงสร้างอาคารกำหนดให้เป็นแรงดันน้ำสถิต (hydrostatic pressure) ที่มีขนาดราวสามเท่าของความสูงคลื่นสึนามิ แต่อย่างไรก็ดีในระยะหลังได้มีการประเมินว่าแรงจากคลื่นสึนามิจะมีขนาดที่ลดลง โดยไม่คำนึงถึงว่าจะมีสถานที่อพยพหรือไม่ แต่จะแปรเปลี่ยนไปตามระยะทางที่ห่างจากชายฝั่งหรือจากแม่น้ำ

แรงจากสึนามิ

แรงทางด้านข้าง สำหรับการคำนวณออกแบบโครงสร้างอาคารโดยทั่วไปจะประกอบด้วยแรงจากแผ่นดินไหวและแรงลม โดยในช่วงเริ่มต้นของขั้นตอนการออกแบบ แรงจากคลื่นสึนามิจะพิจารณาอ้างอิงกับแรงแผ่นดินไหวและแรงลม

- แรงจากแผ่นดินไหว แรงลม หรือแรงจากคลื่นสึนามิเป็นแรงไดนามิกโดยในขั้นตอนของการคำนวณจะมีการเปลี่ยนแรงไดนามิกนี้ให้กลายเป็นแรงสถิตเทียบเท่า

- แรงจากแผ่นดินไหวเป็นแรงที่เรียกว่าแรงเฉื่อย ซึ่งเป็นผลจากมวล (หรือน้ำหนัก) ของโครงสร้าง ซึ่งแตกต่างจากแรงลมและแรงจากคลื่นสึนามิ ที่เป็นแรงอันเกิดจากของไหลมากระทบกับส่วนของโครงสร้างอาคาร โดยหากโครงสร้างอาคารที่รับแรงมีพื้นที่มากแรงที่เกิดขึ้นก็จะมากตามไปด้วย สำหรับแรงจากคลื่นสึนามิจะต้องนำมาตรวจสอบเช่นเดียวกับแรงในแนวนอนประเภทอื่นๆ แต่จะมีผลมากกับอาคารเตี้ย และอาคารสูงปานกลาง และอาจกล่าวได้ว่าแรงจากคลื่นสึนามิจะมีผลต่อโครงสร้างอาคารที่มีน้ำหนักเบาเช่นโครงสร้างเหล็กมากกว่าโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีน้ำหนักมาก โดยหากความสูงของคลื่นสึนามิมีค่ามากขึ้น ผลต่อตัวอาคารจากแรงทางด้านข้างจากคลื่นสึนามิ ผมนอกกับแรงลอยตัวก็จะมีค่ามากยิ่งขึ้น เพื่อขจัดความเสี่ยงต่อการวิบัติของตัวอาคารดังกล่าว งานก่อสร้างในปัจจุบันจึงมีแนวโน้มที่จะจัดวางองค์อาคารที่ไม่ได้ใช้ด้านคลื่นสึนามิ (องค์อาคารที่จะเกิดการวิบัติเมื่อมีคลื่นสึนามิเข้ากระทำ) ไว้อยู่ภายนอกตัวอาคาร และมีการนำ pilotis structure มาประกอบติดตั้งเพื่อลดผลกระทบที่เกิดขึ้นจากแรงที่กระทำกับตัวอาคารโดยคลื่นสึนามิ

- เมื่อความสูงระหว่างชั้นของตัวอาคารเพิ่มขึ้น แรงแผ่นดินไหวและแรงลมที่กระทำต่อตัวโครงสร้างอาคารก็จะมีค่ามากขึ้นตามไปด้วย แต่สำหรับแรงจากคลื่นสึนามิแล้วจะพิจารณาความดันน้ำสถิตเทียบเท่า (equivalent hydrostatic pressure) ซึ่งจะมีค่ามากขึ้นเมื่อความสูงระหว่างชั้นลดน้อยลง โดยหากผลรวมของแรงทางด้านข้างมีค่าเท่ากัน จะหมายความว่าไม่ว่าโมเมนต์ที่ทำให้อาคารพลิกคว่ำอันเกิดจากคลื่นสึนามิจะมีค่าน้อย สำหรับในกรณีที่มี pilotis structure มาติดตั้งที่ชั้นล่างของอาคาร ผลต่อตัวอาคารจากคลื่นสึนามิก็จะมีค่าน้อยลง ด้วยเหตุที่ pilotis structure จะเข้ามาช่วยในการต้านทานการไหลตัวของน้ำทางด้านข้าง ดังนั้นหากเรามีความเข้าใจถึงการกระจายตัวและพฤติกรรมของแรงจากคลื่นสึนามิต่อตัวโครงสร้างอาคารแล้วก็จะสามารถกำหนดมาตรการเพื่อลดผลกระทบได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่อย่างไรก็ดีจำเป็นต้องพิจารณาผลกระทบจากสิ่งที่ย่อยมากับคลื่นในอีกมิติหนึ่ง

ลำดับต่อไปเป็นแนวทางในการประเมินขนาดของแรงจากคลื่นสึนามิอ้างอิงจากข้อเสนอแนะฉบับใหม่

● ความดันจากคลื่นสึนามิ

ความดันจากคลื่นสึนามิจะ เป็นความดันน้ำสถิตที่สามารถหาการกระจายตัวได้โดยการคูณความสูงของคลื่นด้วย สัมประสิทธิ์ α ซึ่งระบุว่ามีค่าเท่ากับ 3 สำหรับกรณีทั่วไป มีค่าเท่ากับ 2 สำหรับกรณีที่มีอาคารผู้อพยพ และมีค่าเท่ากับ 1.5 กรณีที่ตัวอาคารอยู่

รูปที่ 1 ความดันจากคลื่นสึนามิ

เพื่อให้สามารถออกแบบได้อย่างสะดวกได้มีการกำหนดให้คำนวณแรงกระทำจากคลื่นสึนามิ ในลักษณะที่เป็นความดันน้ำสถิตเทียบเท่า ทั้งนี้ดังที่ได้ระบุไว้ในข้อเสนอแนะการคำนวณแรงที่กระทำกับตัวอาคาร ปี 2015 โดยสถาบันสถาปัตยกรรมแห่งประเทศไทย ได้ระบุเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับการพิจารณาแรงจากคลื่นสึนามิเป็นซึ่งบทใหม่ที่เพิ่มเติมขึ้นมาโดยได้ระบุไว้ว่า แรงจากคลื่นสึนามิที่กระทำต่อตัวอาคารสามารถจำแนกได้เป็นสามลักษณะขึ้นกับรูปแบบการเปลี่ยนแปลงตามเวลาของคลื่นสึนามิที่กระทำกับตัวอาคาร คือ (1) แรงจากคลื่นสึนามิในช่วงปลายคลื่น (2) หลังจากคลื่นสึนามิที่ไม่ได้อยู่ปลายคลื่น และ (3) แรงที่เกิดขึ้นในช่วงที่ไม่เกิดการไหลของคลื่นสึนามิ หรือช่วงที่เกิดน้ำท่วมขัง

● แรงจากคลื่นสึนามิ

แรงจากคลื่นสึนามิสามารถคำนวณได้ด้วยการ integrate ความดันจะขึ้นสึนามิบนพื้นที่ที่คลื่นสึนามิเข้ากระทำ

แรงในทิศทางที่ขึ้นสึนามิเข้ากระทำสามารถคำนวณได้โดยการ integrate ความดันคลื่นสึนามิซึ่งมีกำหนดไว้ในรูปสมการสำหรับคำนวณหาความดันของคลื่นสึนามิ เข้ากับพื้นที่ที่คลื่นสึนามิเข้ากระทำ (ดังรูปที่ 2)

รูปที่ 2 แรงจากคลื่นสึนามิ

● การลดแรงจากคลื่นสึนามิด้วยช่องเปิด

ในกรณีที่อาคารมีช่องเปิด และมีองค์อาคารโครงสร้างที่จะถูกทำลายเมื่อมีคลื่นสึนามิเข้ากระทำ (องค์อาคารที่ไม่ได้ใช้ด้านทานคลื่นสึนามิ) ความดันที่เกิดขึ้นจากคลื่นสึนามิสามารถลดลงได้ถึงราว 70% ของแรงปกติที่กระทำในกรณีที่ไม่มีช่องเปิด

● ผลของ pilotis structure เพื่อลดผลกระทบจากแรงจากคลื่นสึนามิ

หากพิจารณา pilotis structure แรงที่กระทำจากคลื่นสึนามิสามารถคำนวณได้จาก ความดันของคลื่นสึนามิที่กระทำกับ เสา คานและองค์อาคารด้านทานคลื่นสึนามิ

● ทิศทางของแรงในแนวราบจากคลื่นสึนามิ

ในการออกแบบ ต้องสมมติให้แรงที่กระทำในแนวราบอันเกิดจากคลื่นสึนามิสามารถเกิดขึ้นได้ในทุกทิศทาง แต่อย่างไรก็ดีในกรณีที่สามารถประเมินทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นสึนามิได้โดยได้มีการนำปัจจัยจาก ลักษณะและพฤติกรรมของคลื่นที่ได้จากการทำแบบจำลองและการวิเคราะห์สภาพทางภูมิศาสตร์ของแนวชายฝั่งเข้ามาประกอบการพิจารณา ก็ไม่ควรที่จะใช้สมมุติฐานดังกล่าวในการออกแบบ นอกจากนี้ยังต้องพิจารณาถึงลักษณะของคลื่นสึนามิโดยแรงที่กระทำในแนวราบที่เกิดจากคลื่นสึนามิจะต้องมีการประเมินผลของแรงย้อนกลับ (backwash) ที่กระทำโดยคลื่นสึนามิด้วย

● แรงลอยตัว

โดยทั่วไปแรงลอยตัวที่เกิดขึ้นจากคลื่นสึนามิมักจะเป็นผลของปริมาตรของอาคารที่จมน้ำ ซึ่งอาจพิจารณาได้โดยการคำนวณอัตราการไหลเข้าของน้ำผ่านช่องเปิดเข้าสู่ปริมาตรที่เป็นช่องว่างในตัวอาคาร ที่สัมพันธ์กับระดับความสูงของน้ำภายนอก โดยสำหรับกรณีที่อัตราการไหลเข้าของน้ำอันเกิดจากคลื่นสึนามิยังไม่สามารถคำนวณได้อย่างชัดเจน ก็ให้พิจารณาแรงลอยตัวที่เป็นปริมาตรภายในตัวอาคารที่จมน้ำสำหรับการคำนวณการพลิกคว่ำและการเลื่อนไถลตัวของตัวอาคาร (ดังรูปที่ 3)

รูปที่ 3 หลักการของแรงลอยตัว

หลักการพื้นฐานของการออกแบบอาคารผู้อพยพหลบภัยจากคลื่นสึนามิ

● การออกแบบองค์อาคารด้านทานแรงจากคลื่นสึนามิ และองค์อาคารที่ไม่ต้องด้านทานแรงจากคลื่นสึนามิ

ให้การวางผังโครงสร้างของอาคารเพื่อต้านแรงที่เกิดขึ้นจากคลื่นสึนามิ จะต้องแยกความแตกต่างระหว่างองค์อาคารเพื่อต้านทานคลื่นสึนามิ (รับแรงที่เกิดขึ้นจากคลื่นสึนามิโดยไม่เกิดการพังทลาย) และองค์อาคารที่ไม่ได้ใช้ด้านทานคลื่นสึนามิ (เกิดการ

พังทลายเมื่อเกิดคลื่นสึนามิเข้ากระทำ) และจัดวางองค์อาคารเหล่านี้ให้ชัดเจนบนผังโครงสร้างอาคาร

ความแข็งแรงขององค์อาคารเพื่อต้านทานคลื่นสึนามิจะต้องแข็งแรงเพียงพอโดยไม่เกิดการวิบัติเมื่อถูกคลื่นสึนามิเข้ากระทำ และจะสามารถถ่ายแรงดังกล่าวได้อย่างปลอดภัยสู่โครงสร้างองค์อาคารหลักอื่นๆ ต่อไป

ทั้งนี้หลักการออกแบบจะยอมให้องค์อาคารด้านแรงจากคลื่นสึนามิสามารถเกิดการวิบัติได้โดยไม่ส่งผลกระทบต่อความเสียหายใดๆ ต่อโครงสร้างหลัก

● การออกแบบโครงสร้าง

หลักการออกแบบคือระบบโครงสร้างรับแรงด้านข้างในทุกชั้นอาคารและในทุกทิศทาง จะต้องแข็งแรงกว่าแรงทางด้านข้างที่เกิดขึ้นจากคลื่นสึนามิที่อาจเข้ากระทำกับตัวโครงสร้างได้ในทุกทิศทาง นอกจากนี้ความแข็งแรงขององค์อาคารด้านแรงจากคลื่นสึนามิที่ทำหน้าที่เป็นส่วนหนึ่งของโครงสร้างอาคารยังต้องมีความแข็งแรงมากเพียงพอไม่เกิดการวิบัติได้ไม่อยู่ในสภาพที่ต้องรับแรงจากคลื่นสึนามิหรือแรงอื่นๆ ที่เกิดขึ้นกับโครงสร้างอาคาร

● การตรวจสอบการพลิกคว่ำและการไถลตัวของอาคาร

ในการออกแบบโครงสร้าง จะต้องสามารถยืนยันได้ว่าอาคารจะไม่เกิดการพลิกคว่ำหรือเกิดการไถลตัวเนื่องจากการกระทำของคลื่นสึนามิโดยพิจารณาแรงลอยตัวและน้ำหนักของโครงสร้างอาคาร (สำหรับระบบฐานรากที่มีเสาเข็ม แรงถ่วงจะต้องไม่เกินกว่าความสามารถด้านทานการถอนของระบบฐานรากเสาเข็ม)

● การกัดเซาะ

หากมีการออกแบบโครงสร้างโดยใช้ระบบฐานรากเสาเข็มจะต้องพิจารณาถึงการกัดเซาะดินโดยรอบเพื่อป้องกันมิให้ฐานรากเกิดการเอียงอันเนื่องมาจากการกัดเซาะ

● การกระแทกจากสิ่งที่ย่อยมากับคลื่นสึนามิ

ในการออกแบบจะต้องพิจารณาความเสียหายอันเกิดขึ้นได้จากการถูกกระแทกโดยสิ่งที่ย่อยมากับคลื่นสึนามิ โครงสร้างอาคารจะต้องไม่เกิดการทางถล่มแม้ว่าจะเกิดความเสียหายขึ้นกับเสาหรือผนังรับแรงอัดก็ตาม

ได้มีการดำเนินการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินแรงกระแทกที่เกิดขึ้นกับโครงสร้างอาคารจากสิ่งที่ย่อยมากับคลื่นสึนามิ โดยพบว่า การพิจารณาทำได้ค่อนข้างยากอันเนื่องมาจากการคาดการณ์ถึงทุกสิ่งที่ย่อยมานั้นมีโอกาสเกิดขึ้นได้หลากหลายรูปแบบ ส่งผลให้การยืนยันว่าอาคารจะไม่เกิดการพังทลายอันเนื่องมาจากการชนของสิ่งที่ย่อยมากับคลื่นสึนามิก็ทำได้ยาก โดยทั้งนี้ต้องมีการตั้งสมมุติฐานต่างๆ ถึงสิ่งที่ย่อยมากับคลื่นสึนามิเข้ากระทำต่อตัวอาคารในทุกๆ ตำแหน่งที่เป็นไปได้ แม้ว่าการพิจารณาทำได้ยากเนื่องจากความหลากหลายของปัจจัยต่างๆ ดังที่กล่าวถึงนี้ สิ่งสำคัญคือจะต้องก่อสร้างอาคารให้มีการเผื่อการรับแรงของโครงสร้างอย่างเพียงพอ เพื่อป้องกันมิให้อาคารเกิดการพังทลายลงมาได้โดยการเสริมโครงสร้างเพื่อป้องกันตัวอาคารโดยรอบ หรือป้องกันมิให้อาคารพังถล่มแม้ว่าบางส่วนของโครงสร้างจะเกิดการวิบัติเฉพาะจุดก็ตาม (ดังรูปที่ 4)

รูปที่ 4 การกระแทกของสิ่งที่ย่อยมากับคลื่น

แนวทางการออกแบบอาคารด้านสินามิด้วยโครงสร้างเหล็ก

สัดส่วนของแรงที่กระทำจากคลื่นสินามิต่อความสามารถในการรับแรง (ตามเงื่อนไขการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหว) จะมีค่าสูงขึ้นหากโครงสร้างมีน้ำหนักเบา เช่น โครงสร้างเหล็ก และจะมีค่าต่ำลงหากโครงสร้างมีน้ำหนักมาก เช่น โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก

ปัจจัยที่สำคัญในการออกแบบโครงสร้างเหล็กสำหรับอาคารผู้อพยพหลบภัยจากคลื่นสินามิคือ ตัวคานจะต้องได้รับการวางแผนและต้องออกแบบอย่างรอบคอบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการออกแบบโครงสร้างที่มีน้ำหนักเบา เช่น โครงสร้างเหล็ก

● ระบบรับแรงในแนวนอน

การออกแบบต้านทานแผ่นดินไหวในประเทศญี่ปุ่นใช้วิธีการออกแบบโดยวิธีหน่วยแรงที่ยอมให้ หรือ allowable stress design สำหรับรองรับแผ่นดินไหวขนาดกลาง และใช้วิธี ultimate strength design เพื่อออกแบบรองรับแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ ดังนั้นแล้วการออกแบบโดยพิจารณาพฤติกรรมของวัสดุในช่วงอีลาสติก และในช่วงอีลาสติก-พลาสติก จึงได้ถูกนำมาใช้ขึ้นอยู่กับระดับความรุนแรงของแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้น การออกแบบในระดับอีลาสติกหมายความว่าเมื่อโครงสร้างอาคารเกิดการสั่นไหวเคลื่อนที่ออกไปจากตำแหน่งที่หยุดนิ่ง เมื่อโครงสร้างหยุดการสั่นไหวจากแผ่นดินไหวสงบลงแล้วโครงสร้างจะกลับมามีอยู่ในสภาพเดิมโดยไม่เกิดความเสียหายใดๆ กับโครงสร้าง ในขณะที่การออกแบบแบบอีลาสติก-พลาสติก จะยอมให้เกิดความเสียหายมีการเสียรูปคงค้างกับโครงสร้างได้

สำหรับการเฝ้าระวังการออกแบบในระดับพลาสติกเพื่อรองรับภัยจากคลื่นสินามิ จะมีความเสี่ยงที่ค่อนข้างสูง ที่อาคารอาจเกิดความเสียหายอย่างรุนแรงได้หลังจากการเกิดแผ่นดินไหวและอาฟเตอร์ช็อคที่ตามมา แนวทางการป้องกันปัญหาดังกล่าวที่มีประสิทธิภาพคือการเพิ่มความสามารถในการรับแรงทางด้านข้างของตัวอาคาร เพื่อด้านทานแรงจากแผ่นดินไหวและแรงจากคลื่นสินามิโดยใช้เหล็กกำลังสูงพิเศษ (ดังรูปที่ 5)

รูปที่ 5 การใช้แกนเหล็กกำลังสูงพิเศษ

● แรงลอยตัวและแนวทางการป้องกันการพลิกคว่ำและการไถลตัวของอาคาร

ถ้าหากน้ำที่อยู่ภายนอกไม่สามารถไหลเข้าสู่ภายในตัวอาคารได้ จะเกิดแรงลอยตัวกระทำที่ตัวอาคารขึ้นโดยมีค่าสัมพันธ์กับปริมาตรของตัวอาคาร และนอกจากนี้ในกรณีที่ตัวอาคารเกิดจมน้ำ จากการที่น้ำไหลผ่านผนังภายนอกและช่องเปิดของตัวอาคาร แต่ก็อาจเกิดแรงลอยตัวและทำกับตัวอาคารได้อันเนื่องมาจากการที่เกิดกระเปาะอากาศตรงบริเวณช่องระหว่างคานและพื้น ด้วยเหตุต่างๆดังกล่าวนี้พอจะสรุปได้ว่าโครงสร้างที่มีน้ำหนักเบาดังเช่นโครงสร้างเหล็กจะมีแนวโน้มที่จะลอยขึ้น พลิกคว่ำ และไถลตัว ได้มากกว่าโครงสร้างที่มีน้ำหนักมากดังเช่นโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก

เพื่อรองรับสถานการณ์ดังกล่าวนี้ ในกรณีที่สมารถดำเนินการได้ ณ ตำแหน่งขั้นที่อาคารมีโอกาสจะจมน้ำอันอาจส่งผลต่อการพังทลายของส่วนประกอบของอาคาร ก็อาจมีการพิจารณาติดตั้ง pilotis system เพื่อลดแรงลอยตัวให้มากที่สุดเท่าที่จะสามารถทำได้ แต่ทั้งนี้จากสิ่งที่พบในเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่ผ่านมา pilotis structure อาจเกิดความเสียหายจากผลของแผ่นดินไหว ดังนั้นจึงควรต้องทำการ

ตรวจสอบและบำรุงรักษา pilotis structure ภายหลังจากการเกิดแผ่นดินไหวในทุกครั้ง ให้อยู่ในสภาพที่สมบูรณ์พร้อมใช้

เมื่อมีการใช้โครงสร้างเหล็กกับอาคารอพยพหนีภัยจากคลื่นสินามิ หากว่าฐานเสาและข้อต่อกับตอม่อได้รับการออกแบบไว้อย่างเหมาะสม ก็จะสามารถใช้งานโครงสร้างเหล็กได้อย่างปลอดภัย นอกจากนี้โครงสร้างเหล็กจะมีลักษณะที่พิเศษคือมีพื้นที่รับแรงจากคลื่นสินามิน้อยกว่าโครงสร้างประเภทอื่นโดยเฉพาะอย่างยิ่งโครงสร้างผนังคอนกรีตเสริมเหล็กรับแรงอัด อันส่งผลทำให้แรงจากคลื่นสินามิที่กระทำกับตัวอาคารมีค่าน้อย โดยสรุปแล้วการออกแบบอาคารด้วยโครงสร้างเหล็กที่มีการติดตั้ง pilotis structures จะมีประสิทธิภาพในการต้านทานคลื่นสินามิ ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในทางปฏิบัติได้ง่าย

หากพิจารณาการพลิกคว่ำและการไถลตัวของตัวอาคารอันเนื่องมาจากการกระทำของคลื่นสินามิ แนวทางการป้องกันอย่างหนึ่งคือการใช้เสาเข็มเหล็กด้วยเหตุที่เสาเข็มเหล็กจะมีความสามารถในการต้านทานแรงดึงที่สูง อันจะสามารถช่วยป้องกันการพลิกคว่ำของตัวอาคารได้



Kenzo Taga: After graduating from Osaka University, he entered Nikken Sekkei Ltd. in 1979. He assumed his current position as Professor, Graduate School of Engineering, Kobe University in 2011. Among the major works in which he was involved are Terminal Building of Kansai International Airport, Kobe Daimaru Department Store, Kansai Electric Power Building and Osaka Lawyers' Hall.



Photo 1 Steel-structure building destroyed by tsunamis



Photo 3 Building that overturned due to tsunamis



Photo 2 Steel-structure building with which drifts (ship) collided



Photo 4 Building that inclined due to scouring



Photo 5 Steel-structure building where exterior and interior members were washed away by tsunamis

Fig. 1 Tsunami Wave Pressure

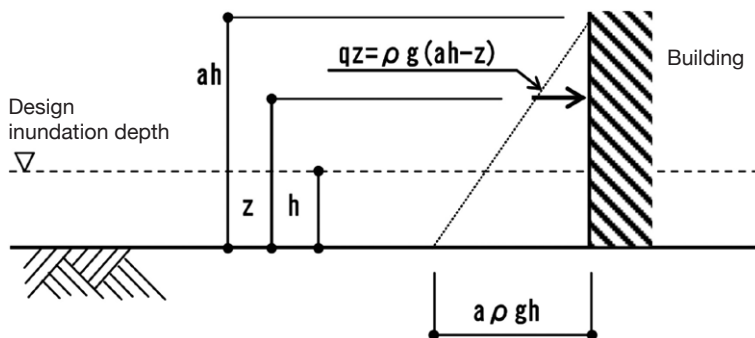


Fig. 2 Tsunami Wave Force

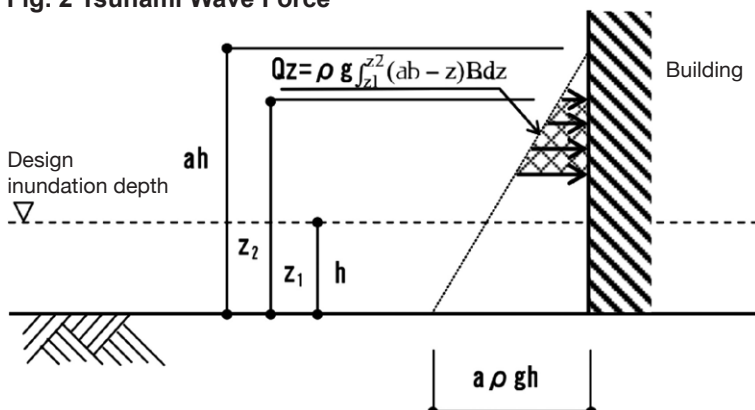


Fig. 3 Concept for Buoyancy

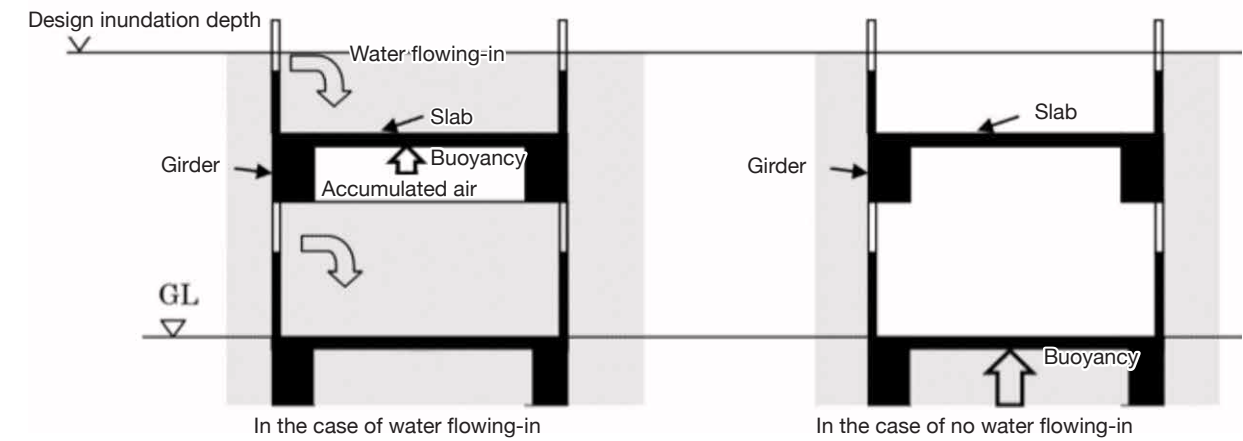


Fig. 4 Collision of Drifts

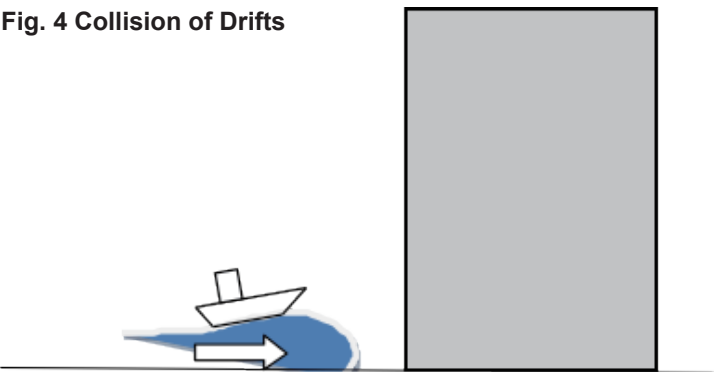
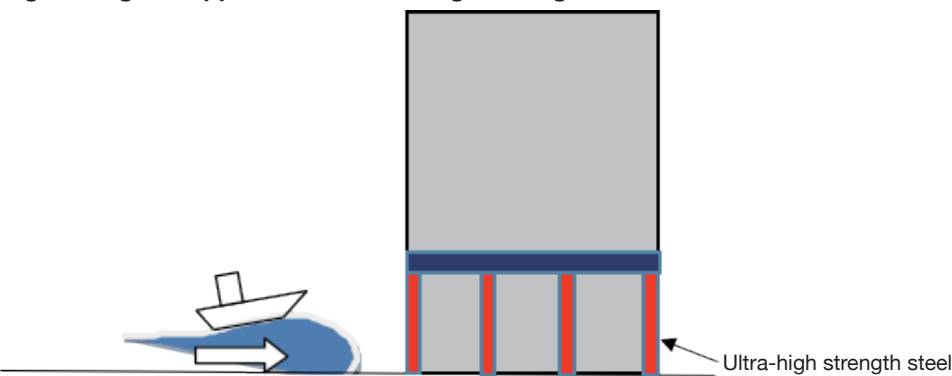


Fig. 5 Image of Application of Ultra-high Strength Steel



(Pages 11~12)

การปรับปรุงอาคารรองรับผู้อพยพหนีภัยจากสึนามิที่เมืองเซ็นได

โดย Masaru Fukura

ฝ่ายวางแผนป้องกันภัยพิบัติ แผนกบริหารจัดการความวิกฤติ เมืองเซ็นได

คลื่นยักษ์สึนามิที่เข้าทำลายเมืองเซ็นได

ย้อนกลับไปในปี 2011 เมื่อเกิดเหตุการณ์ Great East Japan Earthquake ขึ้น คลื่นสึนามิขนาดใหญ่ที่มีความสูงคลื่นถึง 7.1 เมตรได้เกิดขึ้นตามแนวชายฝั่งของเมือง เซ็นไดจังหวัดมียาจิ มีพื้นที่ประสบภัยกินบริเวณกว้างถึง 52 ตารางกิโลเมตรส่งผล เสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินโดยมีผู้เสียชีวิตมากถึงกว่า 700 คน (ดังภาพที่ 1 และ 2)

จากภัยพิบัติดังกล่าวนี้ เทศบาลเมืองเซ็นไดได้จัดทำโครงการ "การรักษาวีรุต ประชาชนจากคลื่นสึนามิ" ซึ่งเป็นโครงการหลักของแผนการรื้อฟื้นเมืองขึ้นมาใหม่ มาตรการป้องกันภัยพิบัติในรัศมีหลายกิโลเมตรได้ถูกจัดทำขึ้นและมีการสนับสนุนให้นำมาใช้ ปฏิบัติจริง โดยสำหรับมาตรการที่เป็นรูปธรรมนี้ประกอบไปด้วย

- การปรับปรุงแนวชายฝั่งทะเลและริมตลิ่ง ตลอดจนป่าไม้ที่ช่วยป้องกันแนวชายฝั่ง
- มาตรการยกระดับถนนเพื่อลดผลกระทบจากคลื่นสึนามิ
- การปรับปรุงหอหลบภัยจากคลื่นสึนามิ อาคารหลบภัย และเส้นทางหลบภัย เพื่อให้สามารถเคลื่อนย้ายผู้คนได้อย่างราบรื่นเมื่อเกิดคลื่นสึนามิเข้ากระทบ
- การอพยพผู้คนจำนวนมากในเขตชุมชนที่มีความเสี่ยงต่อภัยจากการเกิดสึนามิ

นอกจากนี้ ได้มีการจัดทำแผนอพยพหนีภัยในแต่ละพื้นที่ พร้อมกับการซ้อมอพยพ อีกหลายครั้ง (ดังภาพที่ 3) ซึ่งทั้งหมดนี้ก็เป็นมาตรการลดผลกระทบจากคลื่นสึนามิที่ ต้องดำเนินการแบบบูรณาการ

ภาพที่ 1 ความเสียหายอันใหญ่หลวงซึ่งเกิดขึ้นจากคลื่นสึนามิ (ไม่ได้เกิดจาก แผ่นดินไหว) เมื่อเหตุการณ์ Great East Japan Earthquake

ภาพที่ 2 สภาพของโรงเรียนอนุบาลอะราฮามะที่ได้รับผลกระทบจากคลื่นสึนามิโดย ที่ต้องมีการอพยพนักเรียนถึงราว 350 คน

ภาพที่ 3 โครงสร้างอาคารเล็กสูงสองชั้นซึ่งเป็นหอหลบภัยจากคลื่นสึนามิ ตั้งอยู่ที่ Nakano 5-chome ซึ่งออกแบบและก่อสร้างโดยเทศบาลเมืองเซ็นได

การวางแผนสำหรับอาคารรองรับผู้อพยพหนีภัยจากสึนามิที่เมืองเซ็นได

ในการปรับปรุงอาคารหลบภัยจากคลื่นสึนามิดังกล่าวนี้ มีความจำเป็นต้อง พิจารณาปัจจัยมากมายเช่นต้องพิจารณาพื้นที่ในแนวราบและการใช้งานอาคารสูงเพื่อ รองรับการอพยพหนีภัยจากคลื่นสึนามิได้อย่างทันทั่วทั้งที่ และในท้ายที่สุดก็ต้องมีการ แต่งตั้งคณะกรรมการ ซึ่งประกอบด้วยผู้ที่มีความรู้และตัวแทนของผู้พักอาศัยในบริเวณ แนวชายฝั่งทะเล ตลอดจนต้องมีการตรวจสอบแผนการอพยพเพื่อความปลอดภัยของผู้ ประสพภัย และกำหนดเป็นมาตรฐานของเมืองเซ็นไดต่อไป

และนอกจากนั้นก็ได้มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นของคนในพื้นที่อย่างต่อเนื่อง ผลที่ได้รับสะท้อนถึงการพัฒนาอาคารผู้อพยพหลบภัยจากคลื่นสึนามิอย่างเป็นระบบ ทั้งการติดตั้งผนังภายนอกเพื่อป้องกันอากาศที่หนาวเย็นและการเตรียมทางลาดสำหรับผู้ สูงอายุและคนพิการเพื่อให้สามารถอพยพหนีภัยได้อย่างปลอดภัย

อาคารรองรับผู้อพยพหนีภัยจากสึนามิเต็มรูปแบบ

หอหลบภัยจากคลื่นสึนามิที่ Nakano 5-chome ถือได้ว่าเป็นหอหลบภัยแห่งแรก ในเมืองเซ็นได โดยเป็นอาคารโครงสร้างเหล็กสูงสองชั้น (ชั้นสองอยู่สูงจากพื้นดิน 6.6 เมตรและชั้นคาน้ำอยู่สูงจากพื้นดิน 9.9 เมตร) มีพื้นที่ใช้สอยทั้งสิ้น 398 ตารางเมตร มีทั้งโถงบันไดภายนอกอาคารและทางลาดซึ่งสามารถรองรับผู้หลบภัยได้ถึง 300 คน ในช่วงการเกิดภัยจากคลื่นสึนามิ ตัวอาคารถูกออกแบบให้เป็นระบบโครงสร้างแข็ง (rigid structure) ที่สามารถต้านทานการเกิดภาวะดินไหลตัว (ground liquefaction) อัน เกิดจากแผ่นดินไหว แรงจากคลื่นสึนามิ และการกระแทกของสิ่งที่ย่อยมากับคลื่นสึ นามิได้ (ดังภาพที่ 4 และรูปที่ 1)

ภาพที่ 4 การฝึกซ้อมอพยพหนีภัยจากคลื่นสึนามิที่ได้ดำเนินการอย่างต่อเนื่องในเมือง เซ็นได

รูปที่ 1 แนวระดับของหอหลบภัยจากคลื่นสึนามิ

พื้นที่ชั้นสองของอาคารผู้อพยพถูกออกแบบให้เป็นพื้นที่ปิดล้อมด้วยผนังภายนอก และหลังคา พร้อมติดตั้งระบบป้องกันความเย็น เพื่อรองรับสถานการณ์ในช่วงที่สภาพ อากาศภายนอกมีอุณหภูมิต่ำมากๆ อันอาจส่งผลให้เกิดอาการที่ร่างกายของผู้อพยพมี อุณหภูมิต่ำลงกว่าปกติ (hypothermia) พื้นที่ภายในห้องยังมีม่านเพื่อกันห้องสำหรับ ความเป็นส่วนตัวของผู้อพยพ และมีเตียงพับได้เพื่อรองรับการอพยพอาจจะที่ยาวนาน และสำหรับแหล่งพลังงานได้มีการจัดเตรียมแผงโซลาร์เซลล์เพื่อผลิตพลังงานจาก แสงอาทิตย์ติดตั้งไว้บนหลังคา ตลอดจนมีการจัดเตรียมเครื่องปั่นไฟโดยใช้พลังงานจาก แก๊สธรรมชาติอีกด้วย

สำหรับการเตรียมพร้อมให้สามารถรองรับการอพยพได้ 24 ชั่วโมง ก็ได้มีการ จัดเตรียมน้ำดื่ม เต้าแก๊ส ผ้าห่ม และอุปกรณ์สำหรับใช้ในการขับถ่ายไว้ที่หอผู้อพยพ ตลอดจนได้มีการจัดเตรียมอุปกรณ์สื่อสารแบบไร้สายไว้ภายในหอด้วย

อาคารรองรับผู้อพยพหนีภัยจากสึนามิกับความสนใจที่ได้รับอย่างล้นหลาม

ในระหว่างการสัมมนาวิชาการที่จัดโดยสหประชาชาติในเรื่องการลดความเสี่ยง จากภัยพิบัติ (จัดที่เมืองเซ็นไดประเทศญี่ปุ่นในปี 2015) ได้มีกิจกรรมเข้าเยี่ยมชม หอ หลบภัยจากคลื่นสึนามิที่ Nakano 5-chome ในช่วงเดือนมีนาคม ซึ่งเป็นที่สนใจของ ผู้คนเป็นจำนวนมากไม่เฉพาะจากในประเทศญี่ปุ่นแต่รวมถึงชาวต่างชาติที่มาท่องเที่ยว อีกด้วย เทศบาลเมืองเซ็นไดไม่เฉพาะจะนำเสนอถึงหอหลบภัยแห่งนี้ว่าเป็นส่วนหนึ่ง ของการป้องกันภัยพิบัติจากคลื่นสึนามิซึ่งพัฒนาขึ้นมาจากบทเรียนที่ได้รับเมื่อครั้งเกิด Great East Japan Earthquake เท่านั้น แต่ยังได้เน้นถึงความสำคัญของการอพยพหนี ภัยจากคลื่นสึนามิในระหว่างการเกิดแผ่นดินไหวอีกด้วย

ภาพที่ 5 กิจกรรมเข้าเยี่ยมชม หอหลบภัยจากคลื่นสึนามิที่ Nakano 5-chome ใน ระหว่างงานสัมมนาวิชาการของสหประชาชาติในเรื่องการลดความเสี่ยงจากภัยพิบัติ (จัดที่เมืองเซ็นไดประเทศญี่ปุ่นในปี 2015)



การก่อสร้างหอหลบภัยจากคลื่นสึนามิที่ Nakano 5-chome เป็นการส่งสัญญาณ เตือนว่า ภัยจากคลื่นสึนามินั้น มีโอกาสจะเกิดขึ้นได้อีก ซึ่งมีความจำเป็นต้องเตรียมการ ป้องกันการสูญเสียชีวิตจากภัยดังกล่าวที่อาจเกิดขึ้นได้ในอนาคต

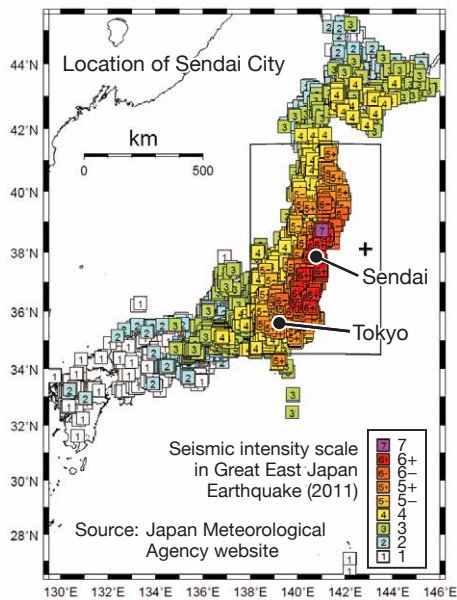


Photo 1 In the Great East Japan Earthquake, huge damage was brought about by tsunamis, not by seismic forces.



Photo 2 Tsunami attacked condition at the Arahama Primary School, where 350 people were forced to evacuate



Photo 3 Tsunami evacuation training for citizens has been repeatedly implemented in Sendai City.

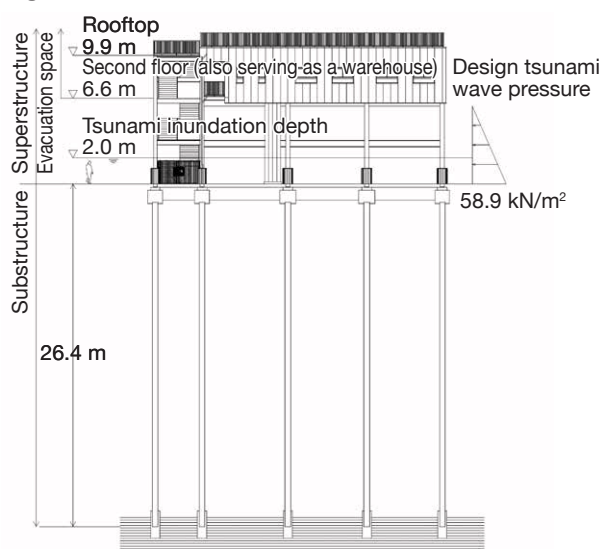


Photo 5 A study tour to the Nakano 5-chome Tsunami Evacuation Tower was conducted during the UN World Conference on Disaster Risk Reduction (2015 Sendai Japan)



Photo 4 Two-story steel structure Nakano 5-chome Tsunami Evacuation Tower developed and constructed in Sendai City

Fig. 1 Elevation of Nakano 5-chome Tsunami Evacuation Tower



(Pages 13~14)

ระบบโครงสร้างอาคารประเภทเสาคาน และอาคารอเนกประสงค์ที่สามารถรองรับผู้อพยพหนีภัยจากสึนามิ

บริษัท Nippon Steel & Sumikin Metal Products จำกัด

ในประเทศญี่ปุ่นแผ่นดินไหวขนาดใหญ่เช่นแผ่นดินไหวโตเกียว แผ่นดินไหวโตเกียว และแผ่นดินไหวคันโต ได้ถูกคาดการณ์ว่าจะมีโอกาสเกิดขึ้นอีกครั้งในอนาคตอันใกล้ ดังนั้นการปรับปรุงอาคารอพยพหลบภัยจากคลื่นสึนามิจึงได้เริ่มขึ้นในปี 2004 ที่จังหวัดชิซูโอกะ จังหวัดมิเอะ จังหวัดวากายามะ จังหวัดโตคุชิมะ และจังหวัดอื่นๆ ซึ่งมีโอกาสที่จะได้รับผลกระทบจากการเกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่และคลื่นสึนามิ ซึ่งภายหลังจากการเกิดเหตุการณ์ Great East Japan Earthquake ในปี 2011 การปรับปรุงอาคารอพยพหลบภัยจากคลื่นสึนามิก็ได้มีการดำเนินการขึ้นทั่วประเทศ

อาคารรองรับผู้อพยพหนีภัยจากสึนามิ ที่ก่อสร้างด้วยเสาท่อเหล็กและคานเหล็กรูปตัวเอช

ในเหตุการณ์ Great East Japan Earthquake โรงงานของบริษัท Nippon Steel & Sumikin Metal Products ที่เมืองเซ็นได ได้ถูกคลื่นสึนามิเข้ากระแทกเกิดความเสียหายและใช้เวลาราวหนึ่งปีในการซ่อมแซมแก้ไขให้สามารถกลับมาดำเนินการได้อีกครั้งหนึ่ง ในระหว่างการดำเนินการซ่อมแซมแก้ไขพนักงานของบริษัทได้เสนอให้มีการก่อสร้างอาคารอพยพหลบภัยจากคลื่นสึนามิ อย่างเต็มรูปแบบภายในโรงงาน อ้างอิง 1) แนวทางการออกแบบอาคารอพยพหลบภัยจากคลื่นสึนามิฉบับล่าสุด 2) ความรู้เพิ่มเติมคำแนะนำทางเทคนิค) ซึ่งเกี่ยวข้องกับกระบวนการออกแบบอาคารให้ปลอดภัยจากคลื่นสึนามิ 3) คำร้องจากพนักงานที่เคยเผชิญภัยจากคลื่นสึนามิ บริษัทได้พัฒนาหอหลบภัยจากคลื่นสึนามิซึ่งก่อสร้างโดยใช้เสาท่อเหลี่ยมและคานเหล็กรูปตัวเอชเป็นโครงสร้างหลัก (ดังภาพที่ 1) ซึ่งจะเป็นองค์อาคารที่ไม่เกิดการวิบัติหลุดลอยออกจากตัวอาคารเมื่อเกิดคลื่นสึนามิเข้ามากระแทก

ตั้งแต่ปี 2012 กระทั่งถึง เดือนมีนาคม 2016 หอหลบภัยจากคลื่นสึนามิก็ได้รับการพัฒนาปรับปรุงจนนำไปสู่การก่อสร้างหอหลบภัยจำนวนทั้งสิ้น 20 แห่ง (ซึ่งรวมถึงหอหลบภัยที่ก่อสร้างที่บริษัทสาขาเมืองเซ็นได)

ภาพที่ 1 งานก่อสร้างที่ใช้เสาท่อเหลี่ยมและคานเหล็กรูปตัวเอช

ความแข็งแรงและความปลอดภัยของอาคารรองรับผู้อพยพหนีภัยจากสึนามิ

เป็นที่ทราบกันดีว่า หอหลบภัยจากคลื่นสึนามินั้นจำเป็นต้องออกแบบมีความแข็งแรงในระดับที่สูงจนสามารถที่จะต้านทานได้ทั้งแผ่นดินไหวและคลื่นสึนามิได้ นอกจากนี้ยังต้องสามารถต้านทานสิ่งที่พัฒนาพร้อมกับคลื่นสึนามิ ตลอดจนการป้องกันการพลิกคว่ำ การไถลตัวของโครงสร้างอาคาร และการถูกกัดเซาะโดยคลื่นสึนามิ ซึ่งต้องพิจารณาทั้งความปลอดภัยของโครงสร้างที่อยู่เหนือดินและโครงสร้างที่อยู่ใต้ดินให้ครบถ้วนสมบูรณ์

นอกจากสิ่งที่กล่าวถึงในข้างต้น มีความจำเป็นที่จะต้องเตรียมมาตรการต่างๆ เพื่อความปลอดภัยของหอหลบภัยอันประกอบไปด้วย:

- ความรวดเร็วในการอพยพผู้คนจากระดับพื้นดินปกติขึ้นสู่ระดับพื้นที่ส่วนที่เป็นพื้นที่หลบภัย
- การป้องกันมิให้ผู้อพยพกระเด็นออกจากพื้นที่ส่วนหลบภัย
- ความพร้อมในการรองรับผู้อพยพ ที่มีจำนวนมากกว่าที่คาดการณ์ไว้

นอกจากนี้เมื่อผู้คนได้ถูกอพยพจากคลื่นสึนามิ ก็ความเป็นไปได้อย่างมากว่า จะต้องพักอยู่ในหอหลบภัยอยู่ระยะเวลาหนึ่ง ซึ่งจำเป็นต้องมีมาตรการเพื่อความปลอดภัยอันประกอบด้วย

- การป้องกันสภาพอากาศที่เลวร้ายจากภายนอกทั้งฝน ลม ความร้อน และความหนาวเย็นในระหว่างการหลบภัย
- การบรรเทาสภาพแวดล้อมที่อาจทำให้ผู้หลบภัยเกิดความอึดอัด เช่น แสงสว่างที่ไม่เพียงพอในเวลากลางคืน และการขาดการติดต่อสื่อสารกับผู้คนภายนอก
- การสำรองน้ำและอาหารให้ได้อย่างเพียงพอ

ระบบโครงสร้างอาคารประเภทเสาคาน และอาคารอเนกประสงค์ที่สามารถรองรับผู้อพยพหนีภัยจากสึนามิ

อาคารหลบภัยจากคลื่นสึนามิ สามารถก่อสร้างได้หลายรูปแบบขึ้นอยู่กับลักษณะของผู้อพยพทั้งจำนวนอายุและเพศ ลักษณะของพื้นที่ ความต้องการของประชาชนงบประมาณ ตลอดจนปัจจัยอื่นๆ อีกมากมาย เมื่อพิจารณาถึงข้อมูลการก่อสร้างที่ได้บันทึกไว้พบว่า ได้มีการพัฒนารูปแบบของอาคารหลบภัยจากคลื่นสึนามิตามความต้องการที่เพิ่มมากยิ่งขึ้นเพื่อให้เกิดการใช้งานที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น

- หอหลบภัยจากเรื่องสึนามิที่เป็นระบบเสาคานหรือหลังคาหรือผนังจะก่อสร้างในบริเวณพื้นที่ที่มีอากาศอบอุ่น → หอหลบภัยที่มีหลังคาและผนังจะนำมาใช้กับบริเวณพื้นที่อากาศหนาวเย็น เช่นในเขตโตเกียวและบริเวณอื่นๆ → อาคารหลบภัยอย่างง่ายที่เป็นอาคารอเนกประสงค์

จากที่ได้นำเสนอถึงหอหลบภัยจากคลื่นสึนามิ ที่ Nakano 5-chome ณ เมืองเซ็นไดในส่วนก่อนหน้านี้ เพราะหลบภัยดังกล่าวเป็นอาคารที่มีทั้งหลังคาและผนัง ดังนั้นจะขอนำเสนอตัวอย่างหอหลบภัยจากคลื่นสึนามิ ที่เป็นระบบโครงสร้างเสาคาน และอาคารอเนกประสงค์อย่างง่ายสำหรับหลบภัย รวม 3 ตัวอย่างดังต่อไปนี้

● อาคารรองรับผู้อพยพหนีภัยจากสึนามิที่เมืองมิโฮมินามิ (ประเภทเสาคาน)

หอหลบภัยแห่งนี้ก่อสร้างที่เมืองมิโฮในเขตจังหวัดชิซูโอกะ เป็นอาคารสองชั้น ก่อสร้างด้วยโครงสร้างเหล็กมีพื้นที่ชั้นคาต่อสำหรับหลบภัยจำนวน 370 ตารางเมตร ซึ่งสามารถรองรับผู้อพยพได้ราว 740 คน เนื่องจากหอหลบภัยแห่งนี้ก่อสร้างในบริเวณสวนสาธารณะซึ่งมีทั้งหนองบึงและต้นไม้โดยตัวอาคารอยู่เหนือระบบท่อใต้ดิน ดังนั้นหลบภัยแห่งนี้จึงต้องถูกออกแบบให้มีโครงสร้างสามส่วนที่แยกออกจากกัน อันประกอบไปด้วยโครงสร้างที่รองรับพื้นที่การอพยพ โครงสร้างที่รองรับบันได และโครงสร้างที่รองรับทางลาด โครงสร้างอาคารใช้เสาท่อเหลี่ยมจัตุรัสขนาด 300*300*19 มิลลิเมตร มีหน่วยแรงดึงที่จุดครากของเหล็กที่ 295 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร โดยมีการกรอกคอนกรีตไว้ภายในเสา ทั้งนี้อาคารแห่งนี้ได้เปิดให้บริการเป็นจุดชมทัศนียภาพในช่วงเวลาปกติทั่วไป

● อาคารรองรับผู้อพยพหนีภัยจากสึนามิที่เมืองโซโนชิบุ (ประเภทเสาคาน)

หอหลบภัยแห่งนี้ตั้งอยู่ที่เมืองโกเบะในเขตจังหวัดวากายามะ เป็นอาคารโครงสร้างเหล็กสูงสามชั้นมีพื้นที่สำหรับอพยพหลบภัยของชั้นสามและชั้นคาต่อสำหรับราว 450 ตารางเมตร โดยสามารถรองรับผู้อพยพได้ราว 800 คน การก่อสร้างได้พิจารณาถึงลักษณะพื้นที่โดยรอบซึ่งส่งผลให้ตัวอาคารมีรูปร่างเป็นรูปแปดเหลี่ยมและมีความลาดเทที่รอบตัวอาคาร เสาอาคารเป็นเสาท่อเหลี่ยมขนาด 450*450*22 มิลลิเมตร มีหน่วยแรงดึงที่จุดครากค่าสุดที่ 295 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร ตัวอาคารออกแบบให้ผู้อพยพสามารถเข้าถึงได้ทั้งทางสวนสาธารณะ และทางถนนที่อยู่โดยรอบ

- ศูนย์ป้องกันภัยพิบัติจากสึนามิที่เมืองชานโนซึกุ (อาคารอเนกประสงค์)

อาคารแห่งนี้ตั้งอยู่ที่เมืองโตโยฮาชิ จังหวัดอฮิชิ เป็นอาคารโครงสร้างเหล็กสูง 2 ชั้น มีพื้นที่สำหรับผู้อพยพหลบภัยจากคลื่นสึนามิ ราว 240 ตารางเมตร ในส่วนของพื้นที่คาบเท้าสามารถรองรับผู้อพยพได้ราว 300 คน มีพื้นที่จอดรถที่ชั้นล่าง และพื้นที่อยู่อาศัยในชั้นที่สอง ตัวอาคารถูกออกแบบให้เป็น assembly hall ในช่วงเวลาปกติ และเป็นพื้นที่อพยพหลบภัยในช่วงเวลาฉุกเฉิน โครงสร้างอาคารใช้เสาท่อเหล็กกำลังสูงรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 300*300*12 มิลลิเมตร มีหน่วยแรงดึงที่จุดครากของเหล็กที่ 365 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร



Steel tube column-H-shape structure
in which square steel tube is used for
column and H-shape for beam

● Mihominami Tsunami Evacuation Tower (Framing Type)



Design condition		Accommodation capacity	
Design inundation depth	3.0 m	Evacuation area	370 m ²
Water depth coefficient	3.0	Accommodation	740 persons

● Sonochiku Tsunami Evacuation Tower (Framing Type)



Design condition		Accommodation capacity	
Design inundation depth	5.0 m	Evacuation area	450 m ²
Water depth coefficient	3.0	Accommodation	800 persons

● Sangochiku Tsunami Disaster-prevention Center (Simple, Multi-use Building Type)



Design condition		Accommodation capacity	
Design inundation depth	1.2 m	Evacuation area	240 m ²
Water depth coefficient	1.5	Accommodation	300 persons

บทความต่อเนื่อง: สุนทรียสถาปัตยกรรม ในประเทศญี่ปุ่น (1)

อาคารเทศบาลเมืองคุนิมิ

-การสร้างอาคารโดยใช้ระบบผสมผสานระหว่างไม้และเหล็ก-

บริษัท JR East Design

อาคารเทศบาลเมืองคุนิมิ ในจังหวัดฟูกูชิมะ เป็นอาคารรัฐบาลท้องถิ่นแห่งแรกที่ได้รับ ความเสียหายจนต้องได้รับการสร้างใหม่ จากเหตุการณ์ภัยพิบัติ Great East Japan Earthquake (2011) อาคารที่สร้างใหม่นี้ ได้ถูกออกแบบให้เป็น ศูนย์ช่วยเหลือผู้ประสบภัยจากแผ่นดินไหว โดยเป็นอาคารที่ล้อมรอบด้วยภูเขาในเมืองคุนิมิ และ มีรูปร่างหน้าตาที่ตอบโต้ภัยพิบัติในเมือง ภายใน มีพื้นที่ที่มีความสว่าง แต่ให้ความรู้สึกล้อมรอบและผ่อนคลาย จากการนำไม้เข้ามาเป็นองค์ประกอบ โดยทำให้มีลักษณะเป็น “ไม้ในท้องถิ่นผสานติดกับผลิตภัณฑ์เหล็ก”

อาคารเทศบาลที่กลมกลืนเข้ากับสภาพแวดล้อมโดยรอบ

อาคารเทศบาลเมืองคุนิมิแห่งเดิมนั้น ได้รับความเสียหายจาก Great East Japan Earthquake จนมีอาจจะซ่อมแซมได้ ศูนย์วัฒนธรรมของเมืองคุนิมิจึงได้นำมาใช้เป็นอาคารเทศบาลชั่วคราวที่ได้รับความเสียหายจนต้องดำเนินการสร้างทดแทน โดยสถานที่ที่เลือกสำหรับก่อสร้างอาคารเทศบาลแห่งใหม่ มีลักษณะเป็นพื้นที่ที่โปร่ง เป็นที่ราบที่รายล้อมด้วยภูเขา ตัวอาคารได้รับการออกแบบให้สะท้อนความงดงามในเชิงสถาปัตยกรรมที่ผสมผสานกับป่าไม้และวิวทิวทัศน์โดยรอบ นอกจากนี้ผู้ออกแบบยังตั้งใจให้ตัวอาคารมีความกลมกลืนด้วยการใช้ไม้จากท้องถิ่น (ดังภาพที่ 1)

สำหรับในด้านข้อกำหนดทางกฎหมาย อาคารเทศบาลแห่งใหม่จะต้องทนทานต่อการเกิดอัคคีภัย ซึ่งจำเป็นต้องเลือกใช้ไม้ที่สามารถนำมาใช้กับข้อกำหนดดังกล่าวได้อย่างถูกต้องเหมาะสม โดยบริษัท JR East Design Corporation ได้มีประสบการณ์ในการออกแบบโครงสร้างที่มีไม้เป็นส่วนที่ใช้สำหรับป้องกันอัคคีภัยให้กับตัวโครงสร้างเหล็ก ดังนั้นแล้วตัวอาคารแห่งนี้จึงตอบโจทย์ทั้งด้านลักษณะความปลอดภัยในทางวิศวกรรมและความสวยงามกลมกลืนในทางสถาปัตยกรรม นอกจากนี้ตัวอาคารยังได้ถูกออกแบบให้กลมกลืนกับสภาพแวดล้อมภายนอกด้วยการวางผังให้สามารถมองเห็นพื้นที่ภายในที่ประดับตกแต่งด้วยไม้จากภายนอก ผ่านผนังกระจก

ในท้ายที่สุดนั้น เป้าหมายในการออกแบบดังกล่าว คือต้องการให้แสดงถึง “อาคารที่ผู้คนในเมืองมาทำกิจกรรมร่วมกัน” ได้

ภาพที่ 1 อาคารเทศบาลเมืองคุนิมิแห่งใหม่ ที่ใช้ระบบผสมผสานระหว่างไม้และเหล็ก

การจัดพื้นที่ใช้สอยที่ตกแต่งด้วยโครงไม้ที่มีโครงเหล็กซ่อนอยู่ภายใน

ตัวอาคาร มีลักษณะเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาด 55*22 เมตร มีแนวเสาอยู่ 2 แนว ตามแนวยาวเกาะกับแนวของผนังอาคาร บริเวณโถงส่วนที่อยู่ใจกลางของอาคาร มีเสาที่อยู่ห่างกัน 13 เมตร ซึ่งทำให้พื้นที่ชั้น 1 และชั้น 2 มีความโปร่งโล่ง และสามารถขยับขยายได้ตามลักษณะการใช้งาน เคาท์เตอร์สำหรับพนักงานต้อนรับพร้อมห้องเล็กๆ ได้ถูกจัดวางไว้โดยมีเสาสองแนวขนานข้าง ซึ่งเรียกว่า “veranda zone” ซึ่งจะแตกต่างจากพื้นที่โถงขนาดใหญ่ พื้นที่ชั้น 3 เป็นลานกว้าง ใช้สำหรับเป็นส่วนจัดงาน โดยมี “veranda zone” ทางทิศเหนือ เป็นพื้นที่ชมทัศนียภาพ (ดูรูปที่ 1)

รูปที่ 1 แปลนและรูปตัดของอาคารเทศบาลเมืองคุนิมิ

แม้ว่าตัวอาคารจะมีลักษณะเหมือนหนึ่งเป็นโครงสร้างไม้ แต่แท้จริงแล้ว ตัวโครงสร้างหลักเพื่อการรับน้ำหนักนั้นเป็นระบบโครงสร้างเหล็ก ที่มีไม้มาประสานติดกาวกับเนื้อเหล็กไว้ โดยนอกจากจะนำมาใช้เพื่อประโยชน์ทางสุนทรียสถาปัตยกรรมแล้ว แต่ยังใช้เป็นวัสดุสำหรับการป้องกันไฟให้กับโครงสร้างเหล็กอีกด้วย ซึ่งก็ได้รับการอนุมัติรับรองจากกระทรวงระบบสาธารณสุขปลอดภัย ที่ดิน คมนาคม และการท่องเที่ยว

การประสานไม้เข้ากับโครงสร้างเหล็กเพื่อเป็นส่วนของการป้องกันไฟให้กับโครงสร้างเหล็กนี้ ไม้จะช่วยระงับไม่ให้เนื้อเหล็กเกิดอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นในระหว่างที่เกิดเพลิงไหม้ ในภาพที่ 2 และในรูปที่ 2 แสดงให้เห็นถึงเหล็กรูปพรรณรูปตัวเอช ขนาด 300*300 มิลลิเมตร ที่นำมาใช้เป็นเสาอาคาร โดยที่มีไม้ (Japanese larch tree) มาใช้เป็นวัสดุป้องกันไฟ

ภาพที่ 2 ลักษณะขององค์อาคารเหล็กที่มีการประสานด้วยไม้
รูปที่ 2 ลักษณะขององค์อาคารเหล็กที่มีการประสานด้วยไม้ (เสาและคาน)

บันได - การออกแบบด้วยโครงสร้างเหล็ก

ในขณะที่ภายในตัวอาคารเทศบาลถูกออกแบบให้มีความรู้สึกที่อบอุ่นจากการนำไม้เข้ามาเป็นองค์ประกอบ แต่ได้มีการนำเหล็กเข้ามาใช้เป็นบันไดในบริเวณโถงอาคาร และบริเวณที่นำขึ้นสู่พื้นที่ชมทัศนียภาพโดยรอบที่อยู่บนชั้นที่ 3 แม้ว่าผู้ออกแบบจะพบอุปสรรคอยู่บ้างในการดึงความเป็นเหล็กให้เห็นเด่นออกมา แต่ก็ยังสามารถแสดงให้เห็นได้อย่างชัดเจนได้ว่าอาคารแห่งนี้เป็นอาคารโครงสร้างเหล็กจากส่วนพื้นที่บันได

จากที่ปรากฏเห็นจากการออกแบบสถาปัตยกรรม ได้มีการออกแบบให้บันไดที่มีการนำผลิตภัณฑ์เหล็กขนาดใหญ่เข้ามาใช้ แต่พยายามให้แลดูอ่อนช้อยให้มากที่สุด โดยในการออกแบบโครงสร้างเหล็กในทางวิศวกรรมนั้น ได้มีการนำเหล็กรูปพรรณรูปตัวเอชที่มีการนำเหล็กแผ่นเข้ามาปิดที่ขอบทั้งสองด้านให้แลดูเหมือนเป็นเหล็กกล่องจำนวน 2 ตัว จัดวางอยู่ใกล้ ๆ กันเป็นคานหลักของบันได โดยได้มีการติดตั้งบันไดให้มีลักษณะที่ยื่นออกมาจากคานบันได 2 ตัวนี้ ซึ่งทำให้ตัวบันไดเหล็กแลดูอ่อนช้อยดังที่ผู้ออกแบบต้องการ (ดังภาพที่ 3 และ 4)

ภาพที่ 3 และ 4 บันได: การออกแบบที่เน้นให้เห็นถึงการใช้ผลิตภัณฑ์เหล็ก

การพิจารณาถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและการเตรียมการป้องกันภัยพิบัติ

เครื่องทำความร้อนที่นำมาใช้เป็นส่วนปรับอากาศของอาคารเป็นระบบหม้อต้มน้ำด้วยการนำเศษไม้เข้ามาใช้ (biomass energy) ซึ่งเป็นการช่วยลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นก็มีการรักษาระดับไว้ด้วยการใช้วิธี “carbon neutralization” สำหรับเศษไม้ที่ใช้นี้ เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากไม้ในเมืองอิวากิ จังหวัดฟูกูชิมะ อันเป็นการสะท้อนให้เห็นถึงความตั้งใจในการนำเทคโนโลยีที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเข้ามาใช้ จากแหล่งพลังงานในท้องถิ่น

ด้วยเหตุที่ผนังอาคารเป็นผนังกระจก จึงมีความกังวลว่าอากาศจะร้อนในช่วงฤดูร้อนและอากาศจะเย็นในช่วงฤดูหนาว เพื่อลดความรู้สึกดังกล่าว จึงได้มีการติดตั้งแผ่นกันแดดแสงที่ทำจากไม้ และใช้กระจกคู่ที่มีคุณสมบัติป้องกันความร้อน (Low-E) ซึ่งจะช่วยให้เกิดคุณสมบัติการป้องกันความร้อนจากภายนอกที่ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้ตัวอาคารยังได้มีการออกแบบให้บริเวณ “veranda zone” เป็นพื้นที่ใช้กันความร้อนสำหรับพื้นที่ขนาดใหญ่ ซึ่งในทางปฏิบัติก็สามารถลดการสะสมของความร้อนในพื้นที่ขนาดใหญ่ได้

การหมุนเวียนนำน้ำฝนเข้ามาใช้ และการใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ก็เป็นสิ่งที่ได้นำมาใช้กับอาคารเทศบาลแห่งนี้ โดยแม้ว่าจะเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าดับขึ้น ตัวอาคารก็ยังสามารถใช้การได้ปกติเป็นระยะเวลา 3 วัน ด้วยการใช้แหล่งพลังงานสำรองดังกล่าวนี้

พื้นที่ชั้นใต้ดินสำหรับใช้เป็นทั้งที่จอดรถและพื้นที่หลบภัยในช่วงภัยพิบัติ

ด้วยความเป็นกังวลของประชาชนในเมืองคุนิมิ ถึงความไม่เพียงพอของการจัดสรรพื้นที่สำหรับหลบภัยในช่วงของการเกิดภัยพิบัติ โดยปรากฏกับเหตุการณ์ Great East Japan Earthquake ด้วยเหตุดังกล่าวจึงได้มีการเสนอให้พื้นที่จอดรถบริเวณชั้นใต้ดิน ซึ่งในช่วงปกติเป็นพื้นที่สำหรับจอดรถสาธารณะเป็นพื้นที่อพยพหลบภัยชั่วคราวสำหรับช่วงเกิดภัยพิบัติ ซึ่งสามารถติดตั้งห้องน้ำฉุกเฉินแบบฝักกบได้ โดยแผนดังกล่าวก็ได้รับการอนุมัติในท้ายที่สุด (ดังรูปที่ 3)

รูปที่ 3 ฝั่งแสดงชั้นตอนสำหรับแผนการอพยพ

การให้ความสำคัญกับจุดเด่นของไม้และเหล็ก

จุดเด่นของการนำโครงสร้างเหล็กเข้ามาใช้คือ การที่สามารถสร้างให้มีความกว้างของโถงอาคารขนาดใหญ่มากๆ ได้ คุณลักษณะดังกล่าวของเหล็กนี้ไม่สามารถจะทดแทนด้วยโครงสร้างไม้ได้ นอกจากนี้งานก่อสร้างอาคารไม้ให้สามารถทนทานต่ออัคคีภัยได้ เป็นสิ่งที่ยากมากทั้งในมิติของต้นทุนการก่อสร้างและเทคโนโลยีที่มี ณ ปัจจุบัน

ด้วยเหตุดังกล่าว งานก่อสร้างที่มีการใช้วัสดุผสมผสานโดยที่พยายามดึงจุดเด่นของทั้งไม้ (ในฐานะที่เป็นวัสดุตกแต่ง) และเหล็ก (ในฐานะที่เป็นโครงสร้างหลัก) เป็นสิ่งที่น่าชื่นชมเป็นอย่างยิ่ง นอกจากนี้โครงสร้างยังมีความมั่นคงแข็งแรง เหมาะแก่การนำมาใช้เป็นโครงสร้างช่วงยาว เพื่อให้มีพื้นที่ใช้สอยที่กว้างขวางปลอดภัย

ณ ปัจจุบัน โครงสร้างวัสดุผสมที่มีการนำผลิตภัณฑ์เหล็กรูปพรรณเข้ามาใช้ จะปริมาณที่ค่อนข้างน้อย และจำกัดอยู่เฉพาะเหล็กรูปพรรณรูปตัวเอชขนาดเล็กเท่านั้น แต่เชื่อได้ว่าการขออนุญาตก่อสร้างโครงสร้างวัสดุผสม ที่ใช้เหล็กรูปพรรณรูปตัวเอชที่มีความลึกคงที่หรือกระทำการใช้ท่อสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่ประกอบเข้าด้วยไม้พื้นเมือง ก็น่าจะมีปริมาณที่มากยิ่งขึ้นต่อไปในอนาคต



Photo 1 New Kunimi Town Office Building built capitalizing on the strengths peculiar to wood and steel

Fig. 1 Plan and Section of Kunimi Town Office Building

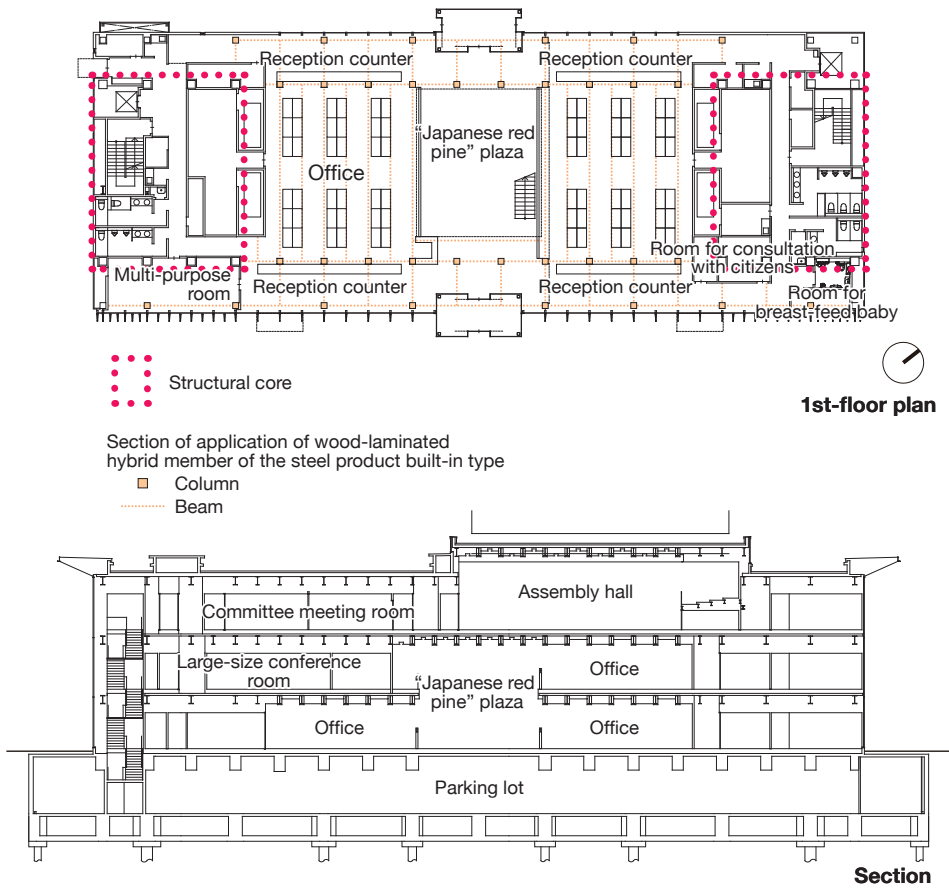


Fig. 2 Wood-laminated Hybrid Member of the Steel Product Built-in Type (Column and Beam)

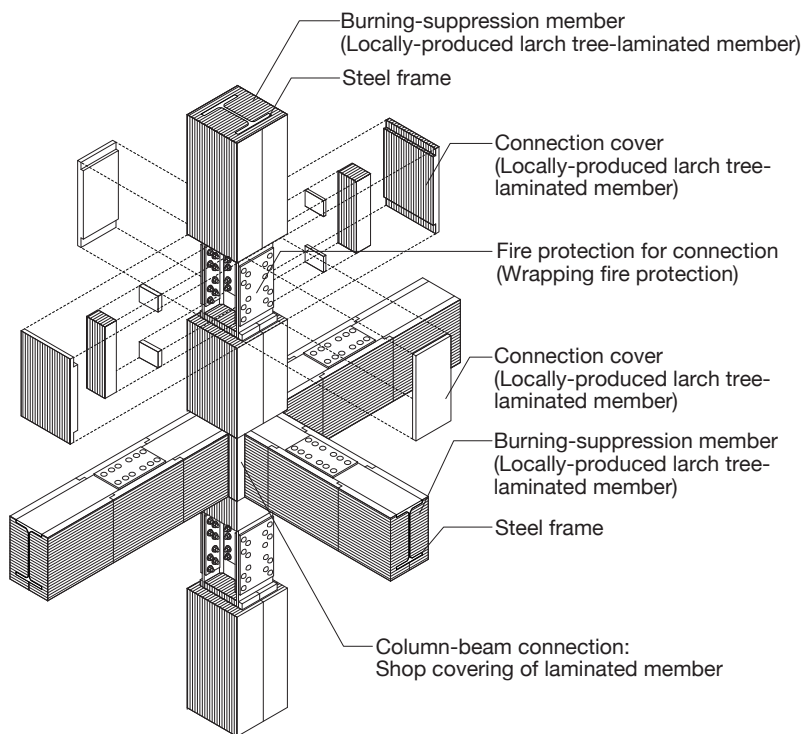


Photo 2 Wood-laminated hybrid member of the steel product built-in type



Photos 3 and 4 Stairways: Highlighted application of steel products

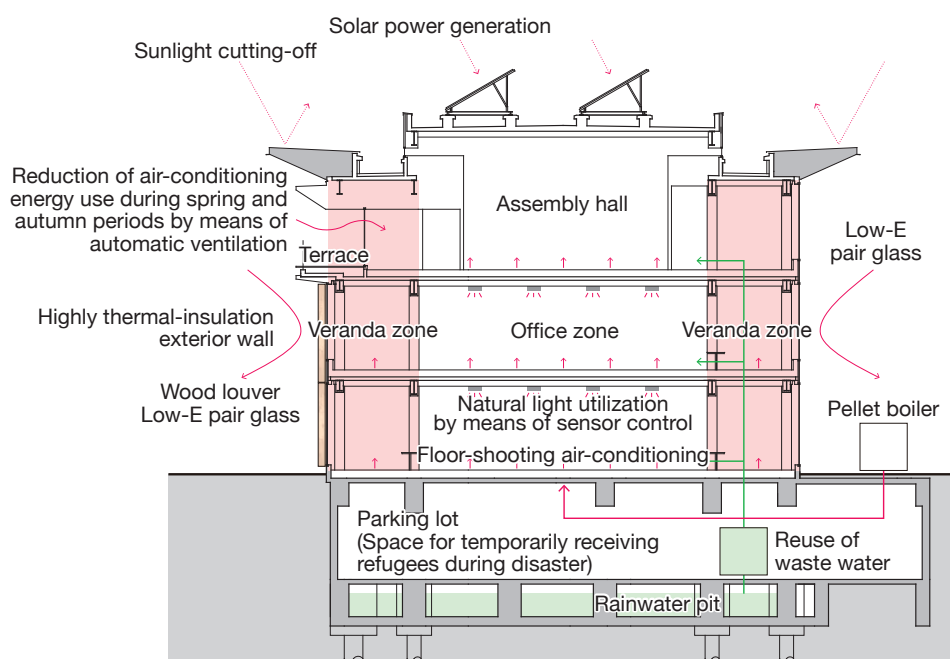
Outline of Kunimi Town Office Building

- Location: Kumini Town, Date, Fukushima Prefecture
- Project owner: Kunimi Town Office
- Application: Town office building
- Building site: 1,500.43 m²
- Building area: 4,833.39 m²
- Structural type: Steel frame structure, partly steel-reinforced concrete structure
- No. of stories: 1 basement, 3 stories aboveground, 1 penthouse
- Maximum building height: 15,500 mm
- Structural design: JR East Design Corporation, Tabata Architect & Design Office
- Construction: Joint venture of Ando, Hazama, Andogumi and Sakuma Kogyo
- Design period: August 2012~August 2013
- Construction term: September 2013~April 2015



Photo 5 Adoption of wood-steel hybrid structure realizes a large space with a texture like a wooden structure.

Fig. 3 Schematic Diagram for Environmental Plan



(Back cover)

JISF Operations

กิจกรรมของ JISF

โครงการความร่วมมือระหว่างอุตสาหกรรมเหล็ก ภายใต้กรอบความตกลงความเป็นหุ้นส่วนทางเศรษฐกิจระหว่างประเทศญี่ปุ่นและประเทศไทย จำนวน 2 โครงการ

สมาพันธ์เหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทย (JISF) ได้ร่วมกับสถาบันเหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทย (ISIT) ในการจัดกิจกรรม จำนวนทั้งสิ้น 2 กิจกรรม โดยเป็นโครงการที่ริเริ่มโดยหน่วยงานภาครัฐ ภายใต้กรอบความตกลงความเป็นหุ้นส่วนทางเศรษฐกิจระหว่างประเทศญี่ปุ่นและประเทศไทย

● โครงการฝึกอบรมวิศวกรรุ่นใหม่

โครงการฝึกอบรมวิศวกรรุ่นใหม่ ได้มีการจัดเป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ ในช่วงเดือนกันยายน 2016 ที่เมืองโอซาก้า ซึ่งเป็นการจัดครั้งที่สอง จากครั้งแรกที่มีการจัดในปี 2015 โดยมีวัตถุประสงค์หลักคือการสร้างพื้นฐานความรู้ให้กับวิศวกรรุ่นใหม่ของประเทศไทย โดยมีจำนวนผู้เข้าร่วมกิจกรรมจำนวนทั้งสิ้น 20 คน เข้าอบรมในหลักสูตรที่มีชื่อว่า “หลักสูตรพิเศษเรื่องเหล็กเส้นและเหล็กหลอด” พร้อมกันนี้ก็ได้มีการพาไปเยี่ยมชมโรงงานเหล็กที่เกี่ยวข้องด้วย

● โครงการสัมมนาเกี่ยวกับการประเมินปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

โครงการนี้ จัดจำนวนทั้งสิ้น 4 วัน โดยเริ่มต้นเมื่อวันที่ 4 กรกฎาคม 2016 ที่กรุงเทพมหานคร โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นการสร้างกระบวนการในการประเมินปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO2 emissions) กิจกรรมนี้ ได้จัดให้กับเจ้าหน้าที่ของสถาบันเหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทย ผู้ประกอบการในกลุ่มอุตสาหกรรมเหล็ก และหน่วยงานภาครัฐ โดยในการจัดสัมมนาได้มีการเก็บบันทึกข้อมูลปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ได้จากโรงงานผลิตเหล็กกล้าด้วยเตาอาร์คไฟฟ้า และได้มีการนำเสนอวิธีในการประเมินอีกด้วย

ภาพ: การจัดกิจกรรมทั้งสองกิจกรรม

การสัมมนาวิชาการเกี่ยวกับโครงสร้างเหล็กในประเทศกัมพูชาประจำปี 2016

สมาพันธ์เหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทย จะมีการจัดสัมมนาวิชาการภายใต้หัวข้อที่มีชื่อว่า “เทคโนโลยีโครงสร้างเหล็กยุคใหม่ 2016” ที่กรุงพนมเปญ ประเทศกัมพูชา ในวันที่ 9 ธันวาคม 2016 ด้วยความร่วมมือของกระทรวงโยธาธิการและการคมนาคม และสถาบันเทคโนโลยีแห่งประเทศกัมพูชา ด้วยการสนับสนุนจากสถานทูตญี่ปุ่นประจำประเทศกัมพูชา สำนักงาน JICA กัมพูชา JETRO พนมเปญ และสมาคมธุรกิจญี่ปุ่นแห่งประเทศไทย

ในการจัดสัมมนาวิชาการดังกล่าวนี้ ได้รับเกียรติจากอาจารย์ชาวญี่ปุ่นจำนวน 3 ท่าน มาให้ความรู้ในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับงานโครงสร้างเหล็กอันประกอบไปด้วย

- Dr. Osamu Kiyomiya (เรื่องทำเรือและอาคารริมชายฝั่ง)
- Dr. Yoshiaki Okui (สะพานเหล็ก)
- Dr. Yasushi Uematsu (การก่อสร้างอาคาร)

งานสัมมนา ยังได้รับเกียรติจากผู้บรรยายชาวกัมพูชา และภายหลังจากการบรรยายเสร็จสิ้น จะเป็นการจัดประชุมเสวนากลุ่มย่อยระหว่างบุคลากรหลักของทั้งสองประเทศ ทั้งนี้งานสัมมนาวิชาการดังกล่าวถึง จะจัดเป็นครั้งที่ 4 ต่อเนื่องจาก 3 ครั้งก่อนในปี 2012 2014 และ 2015

ภาพ: การจัดสัมมนาเรื่องงานโครงสร้างเหล็กที่ประเทศกัมพูชาในปี 2015



Steel Structure Conference for 2015

