

แนวทางเสริมกำลังโครงสร้าง อาคารขนาดเล็กเพื่อป้องกันภัย พิบัติจากแผ่นดินไหว



TEMASEK
FOUNDATION
International



NANYANG
TECHNOLOGICAL
UNIVERSITY



King Mongkut's
University of
Technology
Thonburi



แนวทางเสริมกำลังโครงสร้างอาคารขนาดเล็กเพื่อป้องกัน ภัยพิบัติจากแผ่นดินไหว

ศ.ดร.เป็นหนึ่งใน วานิชชัย

สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (AIT)

หัวหน้าโครงการลดภัยพิบัติจากแผ่นดินไหว สำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย

รศ.ดร.สุทัศน์ สีสาทวิวัฒน์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (KMUTT)

Assoc. Prof. Li Bing, Ph.D.

Nanyang Technological University (NTU), Singapore

รศ.ดร.ชยานนท์ ทรัพย์บุญ

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (CMU)

พฤษภาคม 2560

ข้อแนะนำ

การเสริมกำลังอาคารสามารถทำได้หลายวิธี อย่างไรก็ตามเนื่องจากแผ่นดินไหวมีความรุนแรงแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ วิธีการเสริมกำลังอาคารที่เหมาะสม จะแตกต่างกันออกไป ขึ้นกับความรุนแรงของแผ่นดินไหว ลักษณะอาคาร และสมรรถนะของอาคารที่ต้องการ ดังนั้นการเสริมกำลังอาคารจึงควรทำภายใต้การดูแลและแนะนำของวิศวกร นอกจากนั้นการเสริมกำลังอาคาร ถือเป็นงานวิศวกรรมควบคุม ดังนั้นจึงต้องดำเนินการภายใต้การดูแลของวิศวกรที่ได้รับใบอนุญาต และช่างผู้มีความชำนาญ

เหตุการณ์แผ่นดินไหวขนาด 6.3 ตามมาตราริกเตอร์ที่จังหวัดเชียงรายเมื่อวันที่ 5 พฤษภาคม พ.ศ. 2557 ได้ส่งผลให้ประชาชนทั่วไปได้รับทราบอย่างชัดเจนว่าประเทศไทยมีความเสี่ยงต่อภัยแผ่นดินไหว และ อาคาร บ้านเรือน โรงเรียน วัดวาอารามต่างๆ อาจเสียหายรุนแรงหรือพังทลายลงมาได้เมื่อเผชิญกับ แผ่นดินไหวที่รุนแรง นำไปสู่การบาดเจ็บหรือเสียชีวิตของผู้ที่อาศัยอยู่ในอาคารนั้นๆ

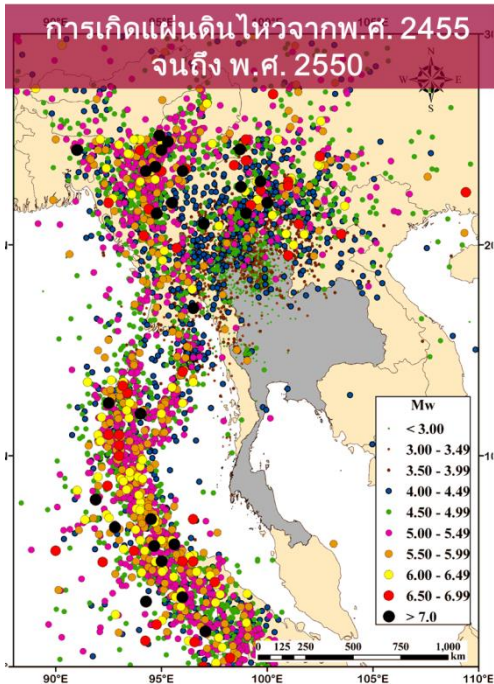
มาตรการที่เชื่อกันว่ามีประสิทธิภาพในการบรรเทาผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากภัยพิบัติแผ่นดินไหว ได้แก่ (1) กำหนดให้อาคารและสิ่งปลูกสร้างที่จะเกิดขึ้นใหม่ต้องได้รับการออกแบบก่อสร้างให้สามารถต้านทานแผ่นดินไหวได้ในระดับที่เหมาะสม (2) ปรับปรุงอาคารที่มีอยู่ในปัจจุบันให้อ่อนแอให้สามารถต้านทาน แผ่นดินไหวได้โดยไม่เกิดความเสียหายรุนแรง ไม่พังทลายลงมา และ (3) เตรียมพร้อมรับสถานการณ์ฉุกเฉิน ภายหลังเกิดภัยพิบัติ

ในส่วนการออกแบบก่อสร้างอาคารใหม่ให้สามารถต้านทานแผ่นดินไหว ได้มีการออกกฎกระทรวง และมาตรฐานการออกแบบโครงสร้างอาคารโดยภาครัฐ ซึ่งมีผลบังคับใช้แล้ว เมื่อปฏิบัติตามกฎหมายและ มาตรฐานที่มีอย่างถูกต้องก็จะทำให้อาคารที่สร้างใหม่มีความปลอดภัยสามารถต้านทานแผ่นดินไหวได้อย่าง เพียงพอ อย่างไรก็ตาม ยังมีอาคารเป็นจำนวนมากทั่วประเทศที่สร้างมาก่อนที่จะมีกฎหมายและมาตรฐาน ดังกล่าว อาคารเหล่านี้มักจะมีได้รับการออกแบบก่อสร้างให้สามารถต้านทานแผ่นดินไหว ดังนั้นหากเกิด แผ่นดินไหวขึ้นในระดับที่ผู้เชี่ยวชาญคาดการณ์ไว้ อาจส่งผลให้อาคารเหล่านี้เกิดความเสียหายขึ้น นำไปสู่ความ สูญเสียทั้งต่อชีวิตและทรัพย์สิน โดยเฉพาะหากเกิดขึ้นกับอาคารสาธารณะเช่น โรงเรียน โรงพยาบาล เป็นต้น การปรับปรุงอาคารด้วยการเสริมกำลังให้สามารถต้านทานแผ่นดินไหวได้จึงเป็นมาตรการที่สำคัญในกรณี เหล่านี้

เนื่องจากการเสริมกำลังอาคารเพื่อด้านทานแผ่นดินไหวยังเป็นเรื่องใหม่ในประเทศไทย ผู้ที่ เกี่ยวข้อง อาทิ เช่น เจ้าของอาคาร วิศวกร ผู้รับเหมา หรือช่าง ยังอาจขาดความรู้ความเข้าใจในเรื่องนี้ ทาง Nanyang Technological University แห่งประเทศสิงคโปร์ และ สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (AIT) ร่วมกับ ผู้แทนจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (KMUTT) และ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (CMU) จึงได้ ตกลงร่วมมือกันดำเนินงานโครงการอบรมและพัฒนาความสามารถในการเสริมกำลังอาคารเพื่อด้านทาน แผ่นดินไหว เพื่อเป็นแบบอย่างในการนำไปประยุกต์ใช้และเพื่อให้เกิดการเผยแพร่เทคโนโลยีการเสริมกำลัง อาคาร นำไปใช้ในพื้นที่ที่มีความเสี่ยงอื่นๆ กันอย่างแพร่หลายในอนาคต โดยโครงการนี้ได้รับการสนับสนุน ทางด้านการเงินจากกองทุนเทมาเส็กนานาชาติ (Temasek Foundation International) ประเทศสิงคโปร์

เพื่อเป็นการเผยแพร่เทคนิคการเสริมกำลัง ทางคณะทำงานจึงได้จัดคู่มือแนวทางการเสริมกำลัง อาคารขนาดเล็กขึ้น เพื่อใช้เป็นส่วนหนึ่งในการอบรมเทคนิคการเสริมกำลังอาคารเพื่อด้านทานแผ่นดินไหว ดังกล่าว ข้อมูลในคู่มือนี้จะเป็นประโยชน์ให้แก่ผู้ที่สนใจที่เกี่ยวกับการเสริมกำลังอาคาร โดยได้เลือก วิธีการที่สามารถทำได้ในประเทศไทยเป็นตัวอย่าง

รอยเลื่อนมีพลังและแผ่นดินไหวในอดีต



จากการศึกษาวิจัยอย่างต่อเนื่องที่ผ่านมา ทำให้หน่วยงานต่างๆ ทั้งของภาครัฐและเอกชน ตลอดจนบุคคลทั่วไป ได้ตระหนักถึงภัยจากแผ่นดินไหวที่อาจเกิดขึ้นในประเทศไทยหรือในบริเวณใกล้เคียง ในปัจจุบันเป็นที่ทราบกันแล้วว่าประเทศไทยมีโอกาสที่จะได้รับผลกระทบจากแผ่นดินไหวระดับปานกลางถึงสูงในบางจุด โดยมีรอยเลื่อนที่มีพลังอยู่ทางภาคตะวันตก ภาคเหนือของประเทศไทยและประเทศเพื่อนบ้าน

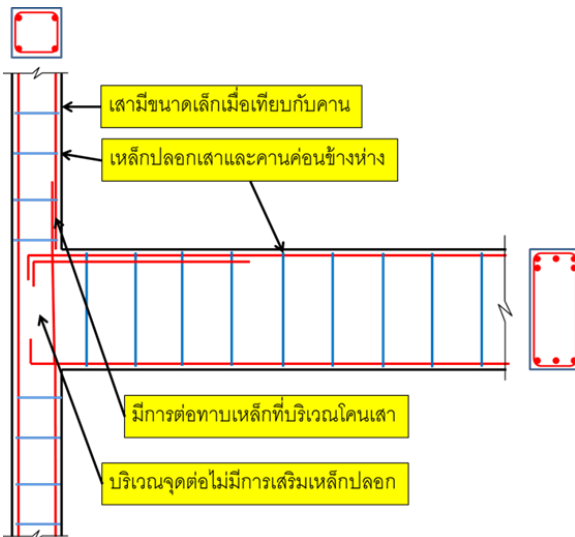
ผลกระทบของแผ่นดินไหวต่ออาคารขนาดเล็กและขนาดกลางในประเทศไทย

อาคารขนาดเล็กและขนาดกลางเป็นอาคารที่มีอยู่เป็นจำนวนมากในประเทศไทย อาทิเช่น บ้านพักอาศัย ตึกแถว โรงเรียน หอพัก สำนักงานขนาดเล็ก เป็นต้น อาคารเหล่านี้เป็นอาคารที่ถูกออกแบบไว้รับเฉพาะน้ำหนักตัวอาคารและน้ำหนักบรรทุกจากการใช้งานปกติเท่านั้นโดยไม่มีการคำนึงถึงแรงจากแผ่นดินไหว ทั้งนี้เนื่องจากอาคารเหล่านี้มักจะมีความสูงไม่ถึงเกณฑ์ที่กำหนดไว้ในกฎหมายให้ต้องพิจารณาแรงจากแผ่นดินไหว หรือเป็นอาคารเก่าที่ก่อสร้างก่อนที่จะมีกฎหมายบังคับในเรื่องของแผ่นดินไหว จากเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่จังหวัดเชียงราย เมื่อวันที่ 5 พฤษภาคม 2557 ได้เกิดความเสียหายขึ้นกับโครงสร้างอาคารขนาดเล็กและขนาดกลางเป็นจำนวนมาก ลักษณะความเสียหายที่พบเป็นจำนวนมาก คือ

- 1) อาคารมีชั้นใดชั้นหนึ่งอ่อนแอเป็นพิเศษหรือมีชั้นที่เปิดโล่ง
- 2) อาคารมีเสาที่มีขนาดเล็กเกินไป
- 3) อาคารมีรูปทรงที่ไม่สมมาตรหรือมีความแข็งด้านใดด้านหนึ่งของอาคารมากเป็นพิเศษ



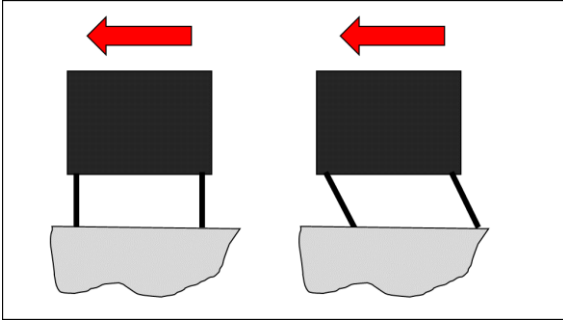
ภาพความเสียหายอาคารจากแผ่นดินไหวที่จังหวัดเชียงราย



ลักษณะการก่อสร้างอาคารที่ไม่เอื้อกับการต้านทานแรงแผ่นดินไหว อาทิเช่น

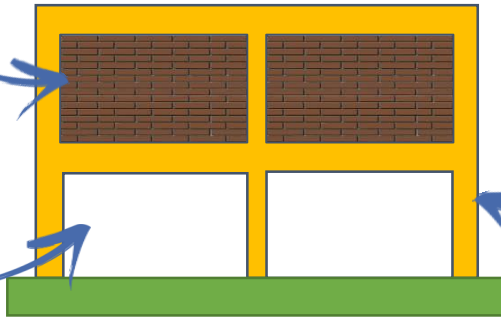
1. เสามีขนาดเล็กเมื่อเทียบกับคาน
2. เสาและคานมีการใช้เหล็กปลอกในปริมาณน้อยและมีระยะห่างค่อนข้างมาก
3. มีการต่อทาบเหล็กเสริมที่บริเวณโคนเสา
4. จุดต่อคานกับเสาไม่แข็งแรงและไม่มีการเสริมเหล็กภายในจุดต่อ

อาคารที่มีชั้นที่อ่อนแอ



ชั้นบนของอาคารที่
การก่อผนังอิฐ ทำให้
ชั้นบนของอาคาร
แข็งแรงกว่าชั้นล่าง

ชั้นล่างของอาคาร
เปิดโล่งทำให้อ่อนแอ
เป็นพิเศษ



เสามีขนาดเล็ก มี
ขนาดหรือการเสริม
เหล็กเท่ากันตลอด
ความสูง ทำให้เสา
ชั้นล่างไม่แข็งแรง
เพียงพอ

ลักษณะอาคารที่มีชั้นที่อ่อนแอ

อาคารที่มีชั้นที่อ่อนแอ เป็นลักษณะจุดอ่อนที่พบเห็นได้บ่อย โดยมีลักษณะเป็นชั้นของอาคารที่อ่อนแอกว่าชั้นอื่นๆ ทำให้ชั้นดังกล่าวสามารถพังทลายได้ในลักษณะที่อาคารล้มพับไปด้านใดด้านหนึ่ง ลักษณะจุดอ่อนแบบนี้ค่อนข้างที่จะเป็นอันตรายโดยเฉพาะหากชั้นที่อ่อนแอเป็นชั้นล่างของอาคาร ในเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นในหลายๆ ประเทศพบว่าจุดอ่อนลักษณะนี้ มักเป็นต้นเหตุของการวิบัติของอาคารเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะกับอาคารขนาดเล็กหรือขนาดกลาง

ขั้นตอนเสริมกำลังอาคาร

ขั้นตอนการเสริมกำลัง

1

- ตรวจสอบสภาพอาคารโดยรวม

2

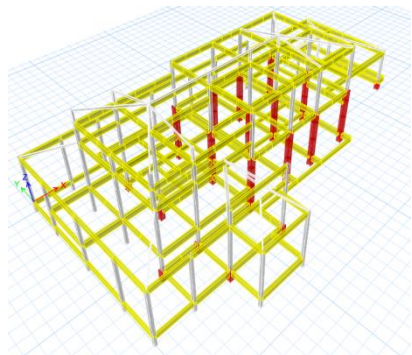
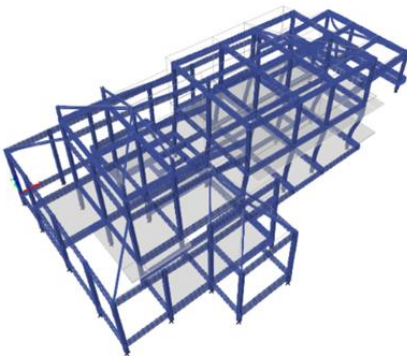
- คัดเลือกวิธีเสริมกำลังที่เหมาะสม

3

- วิเคราะห์และออกแบบเสริมกำลัง โดยวิศวกร

4

- ดำเนินการเสริมกำลังตามวิธีที่กำหนด



การเสริมกำลังอาคารสามารถทำได้หลายวิธี ขึ้นกับลักษณะของอาคาร จุดอ่อนในอาคาร สภาพวัสดุและความสมบูรณ์ของอาคารที่จะเสริมกำลัง ดังนั้นจึงควรมีการตรวจสอบความเสื่อมสภาพของวัสดุในอาคาร และหาลักษณะจุดอ่อนของอาคารด้วยการวิเคราะห์และประเมินเชิงวิศวกรรม ซึ่งจะทำให้สามารถกำหนดแนวทางที่เหมาะสมในการปรับปรุงอาคารเพื่อเพิ่มความสามารถในการต้านทานแผ่นดินไหว

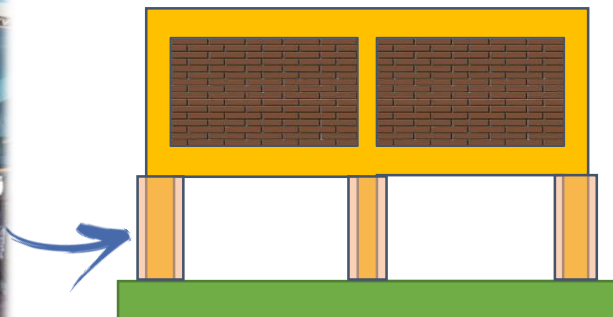
เทคนิคและวิธีการปรับปรุงอาคารขึ้นอยู่กับประเภทของอาคาร รวมทั้ง ลักษณะการวิบัติที่คาดว่าจะเกิดขึ้น ซึ่งอาจทำได้หลากหลายวิธี แตกต่างไปในแต่ละอาคาร เทคนิคและวิธีการในการปรับปรุงอาคารที่นำเสนอในคู่มือนี้ ประกอบไปด้วยวิธีการต่อไปนี้

- การเสริมกำลังเสาอาคารด้วยการพอกคอนกรีต
- การเสริมกำลังด้วยค้ำยันที่ไม่โก่งเดาะ (BRB)
- การเสริมกำลังเสาด้วยการพันด้วยแผ่น FRP

ตัวอย่างแบบจำลองสำหรับการประเมินอาคารเชิงวิศวกรรม เพื่อกำหนดตำแหน่งและวิธีการเสริมกำลัง

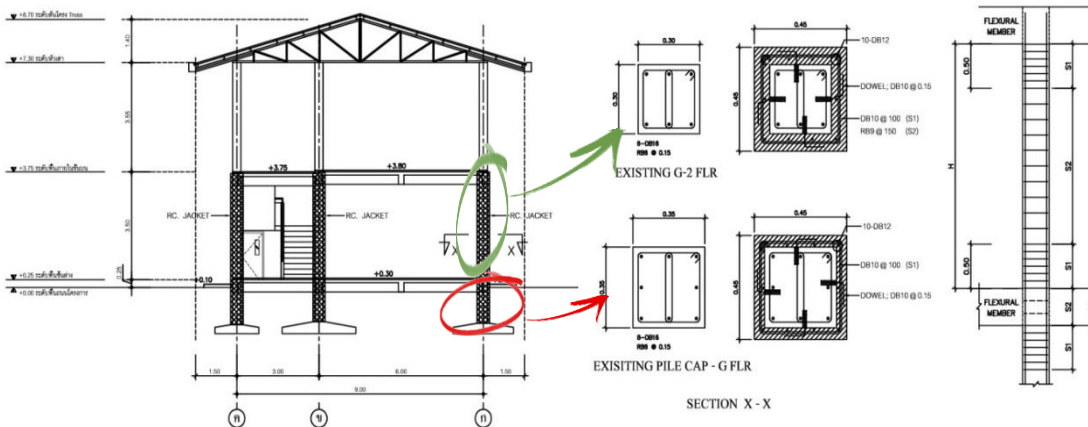
การเสริมกำลังเสาอาคารด้วยการพอกคอนกรีต

การเสริมกำลังเสาอาคารด้วยการพอกคอนกรีต



การพอกคอนกรีตเพื่อเพิ่ม
ความแข็งแรงของเสา

เทคนิคการเสริมกำลังเสาโดยการพอก เป็นวิธีการเสริมกำลังด้วยการขยายขนาดของเสาโดยการเทคอนกรีตใหม่หุ้มรอบเสาเดิมของอาคาร ส่วนที่เพอกใหม่จะมีการเสริมเหล็กด้วยการเจาะเสียบเหล็กไว้กับโครงสร้างเดิม เสาเดิมและส่วนที่จะพอกใหม่จะถ่ายแรงแรงถึงกันผ่านการเตรียมพื้นผิวให้มีความขรุขระร่วมกับการใช้เหล็กเดือย (dowel bar) ที่ถูกฝังเป็นระยะๆ ตามที่คำนวณได้ การเสริมกำลังลักษณะนี้สามารถทำได้ทั้งในส่วนของเสา คาน และบริเวณจุดต่อ



ขั้นตอนเสริมกำลังเสาด้วยการพอกด้วยคอนกรีต

เสริมพอก เสาตอม่อ

- 1 • สกัดเปิดพื้น ขุดดิน
- 2 • สกัดผิวปูนฉาบหุ้มเสาชั้น 1
- 3 • เจาะฝังยึดเหล็กเสริมเข้ากับหลังฐานราก
- 4 • จัดเรียงเหล็กเสริมและติดตั้งเหล็กปลอก
- 5 • เข้าแบบและเทคอนกรีตพอกเสาตอม่อ

เสริมพอก เสาชั้น 1

- 1 • สกัดผิวปูนฉาบหุ้มเสาชั้น 1
- 2 • เจาะเสียบเหล็กเสริม
- 3 • จัดเรียงเหล็กเสริมและติดตั้งเหล็กปลอก
- 4 • เข้าแบบและเทคอนกรีตพอกเสาชั้น 1



เนื่องจากการเสริมกำลังอาคารเป็นงานวิศวกรรมควบคุม ดังนั้นจึงควรดำเนินการภายใต้การดูแลของวิศวกร และช่างผู้มีความชำนาญ

ขั้นตอนเสริมกำลังเสาตอม่อ

1 สกัดเปิดพื้น ขุดดิน



ใช้ไฟเบอร์ตัดทำแนวขอบพื้นที่จะสกัดออก



สกัดพื้นชั้น 1 เพื่อเสริมกำลังเสาตอม่อ



ขุดดินจนถึงระดับหลังฐานราก



ขุดดินแล้วเสร็จ

2 สกัดผิวปูนฉาบหุ้มเสาชั้น 1



สกัดผิวปูนฉาบหุ้มเสาออก



สกัดผิวปูนฉาบหุ้มคานตำแหน่งที่เสริมโครงสร้าง

ขั้นตอนเสริมกำลังเสาตอม่อ (ต่อ)

3

เจาะฝังยึดเหล็กเสริมเข้ากับหลังฐานราก



เจาะหลังฐานรากเพื่อเสียบยึดเหล็กเสริม



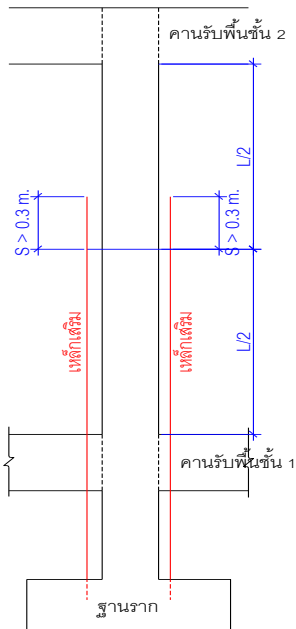
ผสมน้ำยาเคมีเพื่อเสียบยึดเหล็กเข้ากับฐานราก



เสียบยึดเหล็กเสริมเข้ากับฐานราก



เสียบยึดเหล็กเสริมเข้ากับฐานรากแล้วเสร็จ



ความยาวเหล็กเสริมสำหรับต่อทาบ

ขั้นตอนเสริมกำลังเสาตอม่อ (ต่อ)

4 จัดเรียงเหล็กเสริมและติดตั้งเหล็กปลอก



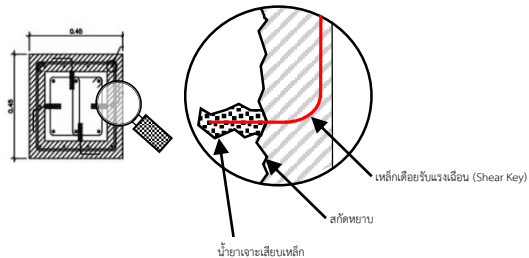
จัดเรียงเหล็กเสริมและเสริมเหล็กปลอก



เจาะเสียบเหล็ก Shear Key



เสียบเหล็ก Shear Key แล้วเสร็จ



การที่จะให้คอนกรีตส่วนที่ใหม่และเก่าทำงานร่วมกันได้ จะต้องมีการสกดผิวคอนกรีตเดิมให้หยาบและมีการเจาะเสียบเหล็กเดือยหรือ Shear Key ฝังในคอนกรีตเดิมด้วยนํ้ายาเจาะเสียบเหล็ก

5

เข้าแบบและเทคอนกรีตพอกเสาตอม่อ



น้ำยาเชื่อมประสานคอนกรีตเก่าและคอนกรีตใหม่



ทําน้ำยาเชื่อมประสานคอนกรีต



เข้าแบบเสาตอม่อ



ชั่งตวงส่วนผสม Non Shrink Concrete



ผสมหินเกล็ดเพื่อเพิ่มความคงทนของคอนกรีต



ผสม Non Shrink Concrete เพื่อเทพอกเสา



ขณะเทคอนกรีต



เทพอกเสาตอม่อแล้วเสร็จ

ขั้นตอนเสริมกำลังเสาชั้น 1

1 สกัดผิวปูนฉาบหุ้มเสาชั้น 1



สกัดผิวปูนฉาบหุ้มเสาออก



สกัดผิวปูนฉาบหุ้มคานตำแหน่งที่เสริมโครงสร้าง

2 เจาะเสียบเหล็กเสริมเข้ากับคานรับพื้นชั้น 2



เจาะคานรับพื้นชั้น 2 เพื่อเสียบยึดเหล็กเสริม



ผสมน้ำยาเคมีเพื่อเสียบยึดเหล็กเข้ากับคาน



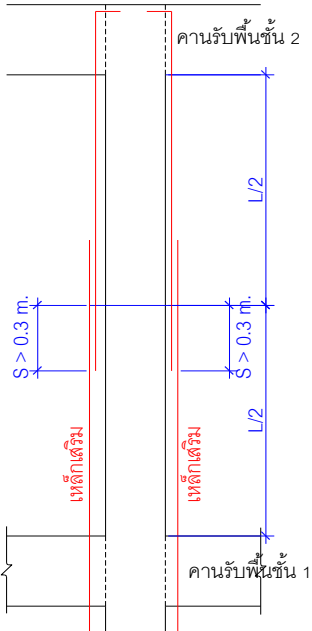
เสียบยึดเหล็กเริ่มเข้ากับคานรับพื้นชั้น 2



เสียบยึดเหล็กเสริมเข้ากับคานแล้วเสร็จ

ขั้นตอนเสริมกำลังเสาชั้น 1 (ต่อ)

2 เเจาะเสียบเหล็กเสริมเข้ากับคานรับพื้นชั้น 2



รอยต่อทาบเหล็กเสริมช่วงกลางเสาชั้น 1

3 จัดเรียงเหล็กเสริมและติดตั้งเหล็กปลอก



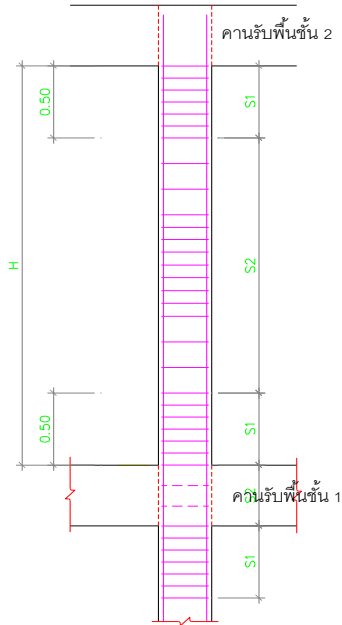
จัดเรียงเหล็กเสริมและเสริมเหล็กปลอก



เจาะเสียบเหล็ก Shear Key

ขั้นตอนเสริมกำลังเสาชั้น 1 (ต่อ)

3 จัดเรียงเหล็กเสริมและติดตั้งเหล็กปลอก (ต่อ)



เสริมเหล็กปลอกและเสียบเหล็ก Shear Key แล้วเสร็จ



แนวทางเก็บรอยต่อระหว่างผนังกับเสาที่พอกใหม่

ขั้นตอนเสริมกำลังเสาชั้น 1 (ต่อ)

4 เข้าแบบและเทคอนกรีตพอกเสาชั้น 1



น้ำยาเชื่อมประสานคอนกรีตเก่าและคอนกรีตใหม่



ทาน้ำยาเชื่อมประสานคอนกรีต



เข้าแบบเสาชั้น 1



ผสม Non Shrink Concrete เพื่อเทพอกเสา



เจาะพื้นชั้น 2 เพื่อเทคอนกรีต



ขณะเทคอนกรีต



เทพอกเสาชั้น 1 แล้วเสร็จ

ตัวอย่างภาพอาคาร ก่อน-หลัง เสริมความแข็งแรง

ภาพอาคารก่อนเสริมความแข็งแรง



ภาพอาคารหลังการพอกเสาด้วยคอนกรีต



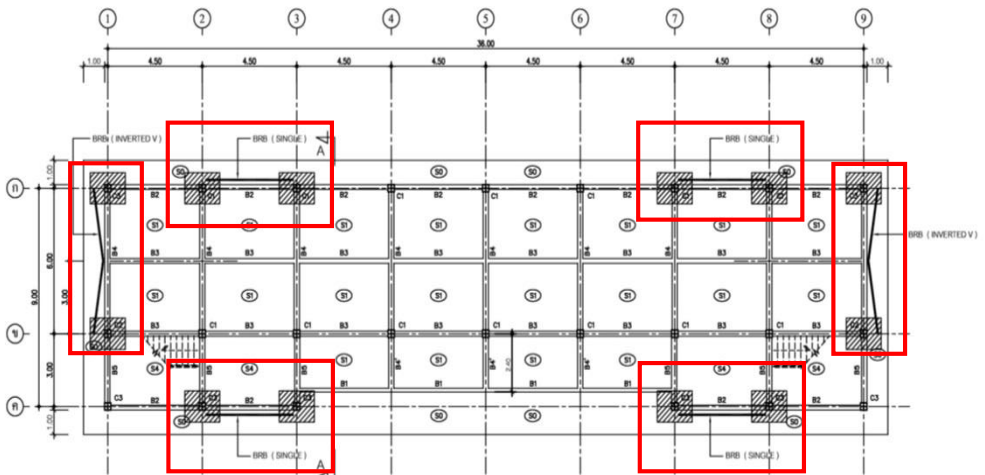
การเสริมกำลังด้วยค้ำยันที่ไม่โก่งเดาะ (BRB)

การเสริมกำลังด้วยค้ำยันที่ไม่โก่งเดาะ (BRB)

ค้ำยันที่ไม่โก่งเดาะ (Buckling Restrained Brace, BRB) เป็นองค์การยึดรั้งที่มีประสิทธิภาพสูง มีการออกแบบมาเป็นพิเศษเพื่อทำหน้าที่สลายพลังงานจากแผ่นดินไหว โดยมีลักษณะเป็นค้ำยันเหล็กที่มีแกนเหล็กภายใน (Steel Core) ปลูกหุ้มซึ่งอยู่ภายนอก (Outer Tube) ลักษณะการรับแรงของ BRB คือ แกนเหล็กภายในจะทำหน้าที่รับแรงเป็นหลักและสามารถเกิดการครากและสลายพลังงานจากการรับแรงตามแนวแกน ค้ำยัน BRB จะถูกติดตั้งในอาคารเพื่อเพิ่มความสามารถในการสลายพลังงาน



ตำแหน่งและขนาดค้ำยัน จำเป็นต้องมีการคำนวณออกแบบจากวิศวกร และจะต้องตรวจสอบกำลังของส่วนอาคารเดิมเช่น คาน เสา และตอม่อ เพื่อรองรับค้ำยันด้วย ในบางกรณีอาจจะต้องมีการเสริมเสาหรือตอม่อด้วยการพอกด้วยคอนกรีตร่วมด้วย



ตัวอย่างตำแหน่งการติดตั้ง BRB

ขั้นตอนเสริมกำลังเสา

เสริมพอก เสาตอม่อ

- 1 สกัดเปิดพื้น ขุดดิน
- 2 เจาะฝังยึดเหล็กเสริมเข้ากับหลังฐานราก
- 3 จัดเรียงเหล็กเสริมและติดตั้งเหล็กปลอก
- 4 เสริมน็อตและแผ่นเหล็ก
- 5 เข้าแบบและเทคอนกรีตพอกเสาตอม่อ

เสริมพอกคานรับพื้นชั้น 2

- 1 สกัดผิวปูนฉาบหุ้มคานรับพื้นชั้น 2
- 2 ติดตั้งน็อตและแผ่นเหล็ก
- 3 เจาะเสียบเหล็กปลอก
- 4 จัดเรียงเหล็กเสริมและติดตั้งเหล็กปลอก
- 5 เข้าแบบและเทคอนกรีตพอกคาน

ติดตั้งโครงค้ำยัน BRB

- 1 ขนส่ง BRB จากโรงงาน
- 2 ติดตั้ง BRB

ขั้นตอนเสริมกำลังเสาตอม่อ

1 สกัดเปิดพื้น ขุดดิน



ใช้ไฟเบอร์ตัดทำแนวขอบพื้นที่จะสกัดออก



สกัดพื้นชั้น 1 เพื่อเสริมกำลังเสาตอม่อ



ขุดดินจนถึงระดับหลังฐานราก



ขุดดินแล้วเสร็จ

ขั้นตอนเสริมกำลังเสาตอม่อ (ต่อ)

2 เจาะฝังยึดเหล็กเสริมเข้ากับหลังฐานราก



เจาะหลังฐานรากเพื่อเสียบยึดเหล็กเสริม



ผสมน้ำยาเคมีเพื่อเสียบยึดเหล็กเข้ากับฐานราก



เสียบยึดเหล็กเสริมเข้ากับฐานราก



เสียบยึดเหล็กเสริมเข้ากับฐานรากแล้วเสร็จ

ขั้นตอนเสริมกำลังเสาตอม่อ (ต่อ)

3 จัดเรียงเหล็กเสริมและติดตั้งเหล็กปลอก



จัดเรียงเหล็กเสริมและเสริมเหล็กปลอก



เสริมเหล็กปลอกแล้วเสร็จ



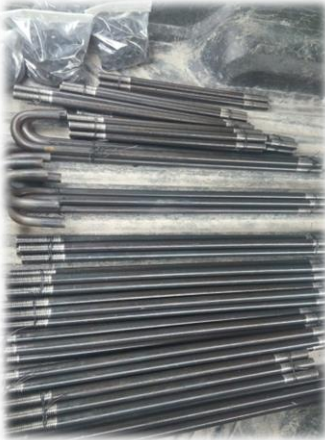
เจาะเสียบเหล็ก Shear Key



เสียบเหล็ก Shear Key แล้วเสร็จ

ขั้นตอนเสริมกำลังเสาตอม่อ (ต่อ)

4 เสริมน๊อตและแผ่นเหล็ก



น๊อตสำหรับยึดแผ่นเหล็ก



เสริมน๊อตและแผ่นเหล็กลงในเหล็กเสริมเสาตอม่อ

5 เข้าแบบและเทคอนกรีตพอกเสาตอม่อ



ทวน้ำยาเชื่อมประสานคอนกรีต



เข้าแบบเสาตอม่อ

ขั้นตอนเสริมกำลังเสาตอม่อ (ต่อ)

5 เข้าแบบและเทคอนกรีตพอกเสาตอม่อ (ต่อ)



ผสม Non Shrink Concrete เพื่อเทพอกเสา

ขณะเทคอนกรีต



เทพอกเสาตอม่อแล้วเสร็จ

ขั้นตอนเสริมกำลังคานรับพื้นชั้น 2

1 สกัดผิวปูนฉาบหุ้มคานรับพื้นชั้น 2



สกัดผิวปูนฉาบหุ้มคานรับพื้นชั้น 2



สกัดผิวปูนฉาบหุ้มคานรับพื้นชั้น 2
แล้วเสร็จ

2 ติดตั้งน๊อตและแผ่นเหล็ก



จัดเรียงน๊อตและแผ่นเหล็ก



ติดตั้งน๊อตและแผ่นเหล็กแล้วเสร็จ

ขั้นตอนเสริมกำลังคานรับพื้นชั้น 2 (ต่อ)

3 เจาะเสียบเหล็กปลอกเพื่อเสริมกำลังคาน



เจาะคานรับพื้นชั้น 2



เสียบเหล็กปลอกด้วยวัสดุเชื่อมประสาน



เจาะเสียบเหล็ก Shear Key



เสียบเหล็ก Shear Key แล้วเสร็จ



ทาน้ำยาเชื่อมประสานคอนกรีต



เข้าแบบคานรับพื้นชั้น 2

ขั้นตอนเสริมกำลังคานรับพื้นชั้น 2 (ต่อ)

5 เข้าแบบและเทคอนกรีตคานรับพื้นชั้น 2 (ต่อ)



ผสม Non Shrink Concrete เพื่อเทพอกคาน



ขณะเทคอนกรีต



เทพอกคานรับพื้นชั้น 2 แล้วเสร็จ

ขั้นตอนติดตั้งโครงค้ำยัน BRB

1 ติดตั้ง BRB



ตัวอย่าง BRB ที่ใช้เสริมกำลัง



ขณะติดตั้ง BRB



ทาสีกันสนิม



ติดตั้ง BRB แล้วเสร็จ

ภาพอาคาร ก่อน-หลัง เสริมความแข็งแรงด้วย BRB

ภาพอาคารก่อนเสริมความแข็งแรง

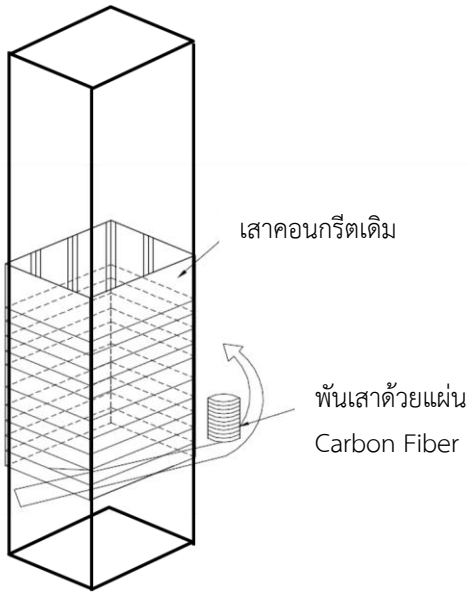


ภาพอาคารหลังการเสริมด้วย BRB



การเสริมกำลังเสาด้วยการพันด้วยแผ่น FRP

การเสริมกำลังเสาด้วยการพันด้วยแผ่น FRP



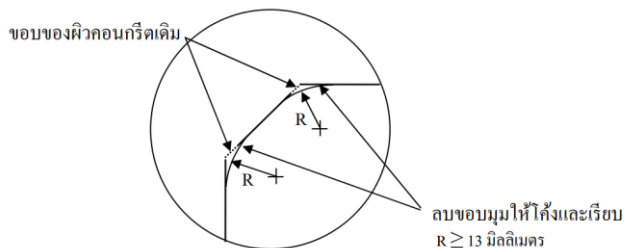
การเสริมกำลังเสาด้วยการพันด้วยแผ่น FRP เป็นเทคนิคการเสริมกำลังเฉพาะที่โดยอาศัยวัสดุคอมโพสิตเสริมเส้นใย (Fiber-Reinforced Plastic Composite) หรือ FRP ซึ่งอาจมีรูปแบบเป็นแผ่นโพลีเมอร์เสริมเส้นใยแก้ว (Glass Fiber-Reinforced Polymer) หรือโพลีเมอร์เสริมเส้นใยคาร์บอน (Carbon Fiber-Reinforced Polymer) วัสดุดังกล่าวเป็นวัสดุที่มีกำลังรับแรงสูง การพันแผ่น FRP เข้ากับเสาในรูปแบบต่างๆ จะสามารถเพิ่มกำลังรับแรงและความเหนียวโดยรวมให้กับเสา



ลักษณะแผ่น FRP มีหลายประเภทและหลายความหนาขึ้นกับแต่ละผู้ผลิต ดังนั้นจำนวนรอบของการพัน ต้องเป็นไปตามที่กำหนดโดยวิศวกร ขั้นตอนการติดตั้งและน้ำยาต่างๆ ที่ใช้ในการติดตั้งต้องเป็นไปตามมาตรฐานของแต่ละผู้ผลิต รูปแบบที่แสดงในคู่มือเล่มนี้เป็นเพียงการติดตั้งรูปแบบหนึ่ง รายละเอียดการติดตั้งแต่ละกรณีให้สอบถามจากผู้ผลิตแผ่น FRP แต่ละราย

การเสริมกำลังเสาชั้น 1 ด้วยการพันด้วยแผ่น Carbon Fiber

1 แต่งผิวเสาให้เรียบและลบเหลี่ยมมุมเสา



การลบเหลี่ยมมุมของเสา (ภาพจากมาตรฐานกรม
โยธาธิการและผังเมือง มยผ 1508-51)

การติดตั้ง FRP สำหรับเสาสี่เหลี่ยม
จะต้องมีการลบมุมเหลี่ยม เพื่อช่วย
ปรับปรุงแรงยึดเหนี่ยว และลดความชื้น
ของหน่วยแรงเค้น ส่วนพื้นผิวคอนกรีต
ต้องทำการขัดแต่งให้เรียบ และฉาบซ่อม
ส่วนที่ไม่เรียบก่อนการติดตั้ง

2 ทาน้ำยาประสานเสากับแผ่น Fiber Wrap



น้ำยาเชื่อมประสานที่ใช้ติดตั้งแผ่น Fiber Wrap



ทาน้ำยาเชื่อมประสานเสากับแผ่น
Fiber Wrap

การเสริมกำลังเสาชั้น 1 ด้วย Fiber Wrap (ต่อ)

3 ติดตั้งแผ่น Fiber Wrap เพื่อเสริมกำลังเสา



ลักษณะแผ่น Fiber Wrap
ที่ใช้เสริมกำลังเสา



ขณะติดตั้งแผ่น Fiber Wrap
เพื่อเสริมกำลังเสา



ติดตั้งแผ่น Fiber Wrap เพื่อเสริมกำลังเสา แล้วเสร็จ

ขอบคุณครับ

