

คู่มือปฏิบัติเกี่ยวกับการก่อสร้างอาคาร ในพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวสำหรับเจ้าพนักงานท้องถิ่น

กรมโยธาธิการและผังเมือง
กระทรวงมหาดไทย

DPT

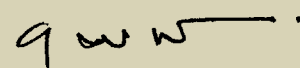


ดำน้า

จากการเกิดเหตุการณ์แผ่นดินไหวอย่างต่อเนื่อง ทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้น และมีหลายเหตุการณ์ที่ส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยของอาคารและสิ่งก่อสร้างต่างๆ ในประเทศไทย ดังตัวอย่างเหตุการณ์ เมื่อวันที่ 16 เมษายน 2555 ที่เกิดแผ่นดินไหวขนาด 4.3 ริกเตอร์ มีจุดศูนย์กลางอยู่บริเวณอำเภอเถลิง จังหวัดภูเก็ต ทำให้อาคารและสิ่งปลูกสร้างในหลายพื้นที่ของประเทศไทยเกิดการสั่นสะเทือน ซึ่งเกรงกันว่าหากมีแผ่นดินไหวที่รุนแรงเกิดขึ้นในประเทศไทยแล้วจะส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สินของประชาชนอย่างใหญ่หลวง และเพื่อเป็นการเตรียมความพร้อมและเสริมสร้างความปลอดภัยในพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหว กระทรวงมหาดไทยโดยกรมโยธาธิการและผังเมืองจึงได้ออกกฎกระทรวงกำหนด การรับน้ำหนัก ความต้านทาน ความคงทนของอาคารและพื้นดินที่รองรับอาคารในการต้านทานแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว พ.ศ. 2550 ตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 อันเป็นกฎกระทรวงที่ว่าด้วยการออกแบบและก่อสร้างอาคารในเขตที่อาจได้รับแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว โดยมีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 30 พฤศจิกายน 2550

ถึงแม้กระทรวงมหาดไทยจะออกกฎกระทรวงและมาตรฐานเกี่ยวกับการออกแบบอาคารต้านทานแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหวไว้แล้ว แต่การปฏิบัติในเรื่องดังกล่าวยังถือว่าเป็นเรื่องใหม่และต้องใช้ความรู้เฉพาะด้าน อันอาจทำให้เกิดปัญหาในการปฏิบัติของเจ้าพนักงานท้องถิ่นได้ ดังนั้น กรมโยธาธิการและผังเมืองซึ่งรับผิดชอบในการปฏิบัติหน้าที่ตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคาร รวมถึงกำกับดูแลการปฏิบัติงานของเจ้าพนักงานท้องถิ่นตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคาร จึงได้จัดทำคู่มือปฏิบัติเกี่ยวกับการก่อสร้างอาคารในพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวสำหรับเจ้าพนักงานท้องถิ่นขึ้น เพื่อเสนอแนะแนวทางการปฏิบัติประกอบการตรวจพิจารณาออกใบอนุญาตก่อสร้างอาคารในพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวให้เป็นไปอย่างถูกต้องและเป็นไปในแนวทางเดียวกัน โดยเนื้อหาของคู่มือแยกออกได้เป็น 4 ส่วนด้วยกัน ส่วนแรกเป็นความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับแผ่นดินไหว เช่น สาเหตุการเกิดแผ่นดินไหว คำศัพท์ที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการทำความเข้าใจในเรื่องของแผ่นดินไหว ส่วนที่สองเป็นความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการออกแบบและก่อสร้างอาคารในพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวที่ต้องปฏิบัติตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคาร รวมทั้งรายละเอียดสาระสำคัญของกฎหมายและมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง ส่วนที่สามเป็นข้อเสนอแนะในการก่อสร้างบ้านพักอาศัยที่จะสร้างขึ้นใหม่ในพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวให้มีสมรรถนะในการต้านทานแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหว และส่วนสุดท้ายเป็นข้อเสนอแนะแนวทางการตรวจพิจารณาออกใบอนุญาตก่อสร้างอาคารในพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวสำหรับเจ้าพนักงานท้องถิ่น

กรมโยธาธิการและผังเมืองหวังเป็นอย่างยิ่งว่า การปฏิบัติตามคู่มือนี้จะทำให้การปฏิบัติงาน ของเจ้าพนักงานท้องถิ่นเป็นไปในแนวทางเดียวกันและสอดคล้องกับเจตนารมณ์ของกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคาร อันเป็นส่วนหนึ่งของมาตรการเตรียมพร้อมในการรับมือจากภัยแผ่นดินไหวที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคต



(นายอุดม พัวสกุล)

อธิบดีกรมโยธาธิการและผังเมือง

DPT



คณะผู้จัดทำ

ที่ปรึกษา

นายอุดม	พัทสกุล	อธิบดีกรมโยธาธิการและผังเมือง
นายเชตวัน	อนันตสมบูรณ์	รองอธิบดีกรมโยธาธิการและผังเมือง
นายมนทล	สุดประเสริฐ	รองอธิบดีกรมโยธาธิการและผังเมือง
นายวรวิทย์	สายสุพัฒน์ผล	รองอธิบดีกรมโยธาธิการและผังเมือง
นายเกียรติศักดิ์	จันทรา	รองอธิบดีกรมโยธาธิการและผังเมือง
นายสุรัชย์	พรภัทรกุล	ผู้เชี่ยวชาญพิเศษด้านวิศวกรรมโยธา

ประธานคณะกรรมการ

นางสมจิต	ปิยะศิลป์	ผู้อำนวยการสำนักควบคุมและตรวจสอบอาคาร
----------	-----------	---------------------------------------

คณะทำงาน

ดร.เสถียร	เจริญเหรียญ	วิศวกรโยธาเชี่ยวชาญ
นายสินธิ์	บุญสิทธิ	วิศวกรโยธาเชี่ยวชาญ
นายนิคม	สะเทิงรัมย์	วิศวกรโยธาชำนาญการ
นายวิโชติ	กันภัย	วิศวกรโยธาปฏิบัติการ

เลขานุการคณะทำงาน

ดร.ทยากร	จันทรางศุ	วิศวกรโยธาปฏิบัติการ
นายวรกร	ชนะรัตน์	พนักงานวิศวกรโยธา

พิมพ์ที่ : โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว พ.ศ. 2555

DPT



สารบัญ

ส่วนที่	หน้าที่
1. ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับแผ่นดินไหว	1
2. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการออกแบบอาคารในพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหว	14
3. ข้อเสนอแนะในการก่อสร้างบ้านพักอาศัยในพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหว	28
4. แนวทางการตรวจพิจารณาออกใบอนุญาตก่อสร้างอาคาร ในพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหว	34
เอกสารอ้างอิง	43
ภาคผนวก	45

DPT

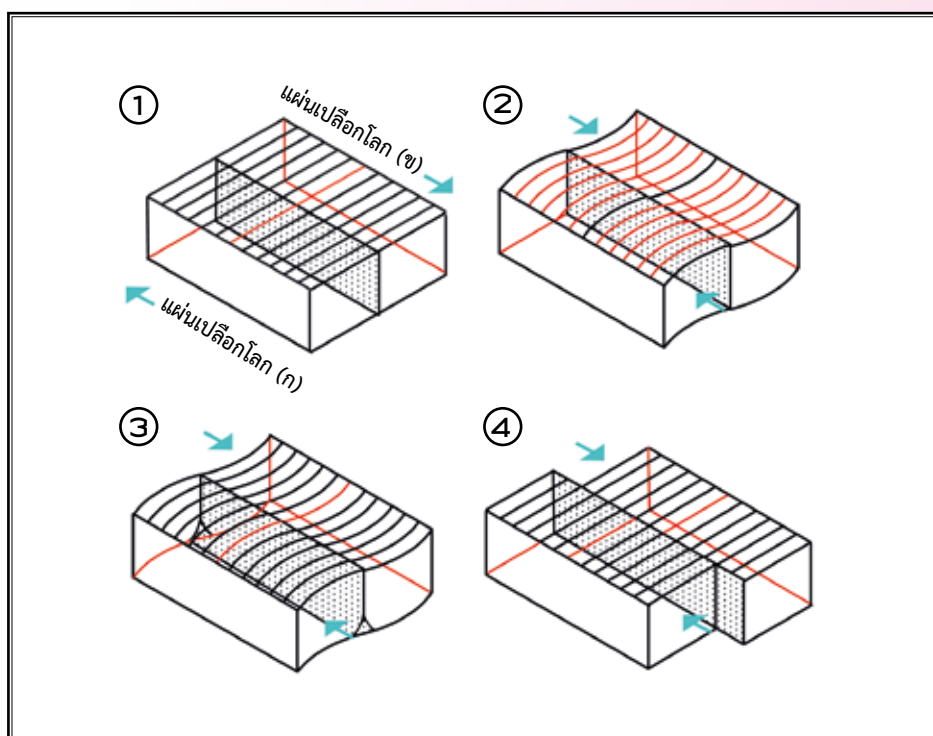


คู่มือปฏิบัติเกี่ยวกับการก่อสร้างอาคารในพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวสำหรับเจ้าพนักงานท้องถิ่น

1. ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับแผ่นดินไหว

1.1 สาเหตุของแผ่นดินไหว

แผ่นดินไหวเกิดขึ้นเป็นผลมาจากการเคลื่อนตัวของแผ่นเปลือกโลกอย่างฉับพลัน ทำให้พลังงานความเครียดที่สะสมอยู่ในเปลือกโลกสลายออกมาในรูปแบบต่างๆ เช่น พลังงานความร้อน พลังงานเสียง รวมถึงคลื่นการสั่นสะเทือน (Seismic Wave) ซึ่งคลื่นการสั่นสะเทือนดังกล่าวจะส่งผลให้อาคารในบริเวณที่ได้รับผลกระทบ เกิดการสั่นสะเทือนตามไปด้วย และหากการสั่นสะเทือนมีความรุนแรงมากพอก็อาจสร้างความเสียหายให้กับอาคารได้ นอกจากนี้พลังงานความเครียดที่สะสมอยู่ในแนวขอบของแผ่นเปลือกโลกยังอาจส่งผ่านพลังงานเข้ามาภายในแผ่นเปลือกโลก โดยเฉพาะ “รอยเลื่อน (Fault)” หรือรอยแตกกว้างของหินใต้พื้นโลกซึ่งหากรอยเลื่อนดังกล่าวไม่สามารถต้านทานพลังงานหรือแรงที่กระทำได้ ก็อาจทำให้รอยเลื่อนเกิดการเคลื่อนตัวอย่างฉับพลันก่อให้เกิดแผ่นดินไหวขึ้นได้ด้วยเช่นกัน หลังจากการเกิดแผ่นดินไหวที่มีการปลดปล่อยพลังงานสะสมออกมาในรูปของคลื่นการสั่นสะเทือนแล้ว แผ่นเปลือกโลกจะมีการคืนตัว ซึ่งตรงกับทฤษฎีที่รู้จักกันดีว่า “ทฤษฎีการคืนตัวแบบยืดหยุ่น หรือ Elastic Rebound Theory”



1. แผ่นเปลือกโลกสองแผ่นมีการเคลื่อนตัวอย่างช้าๆ ในทิศทางตรงกันข้าม
2. แรงเสียดทานที่ขอบของแผ่นเปลือกโลกต้านการเคลื่อนตัว ทำให้แผ่นเปลือกโลกเกิดการเสียรูปและสะสมพลังงานความเครียดยืดหยุ่น
3. ความเครียดสะสมเกินกว่าที่จะต้านทานได้ แผ่นเปลือกโลกเกิดการเคลื่อนตัวอย่างฉับพลัน ทำให้เกิดแผ่นดินไหว
4. แผ่นเปลือกโลกคืนตัว

รูปที่ 1 : การเกิดแผ่นดินไหวตามทฤษฎีการคืนตัวแบบยืดหยุ่น
(ที่มา : เอกสารอ้างอิงหมายเลข 8)

นอกจากสาเหตุการเกิดแผ่นดินไหวตามทฤษฎีดังกล่าวซึ่งเป็นสาเหตุการเกิดแผ่นดินไหวที่ก่อให้เกิดความเสียหายมากที่สุดแล้ว แผ่นดินไวยังสามารถเกิดจากเหตุการณ์ทางธรรมชาติด้วยสาเหตุอื่น ได้แก่

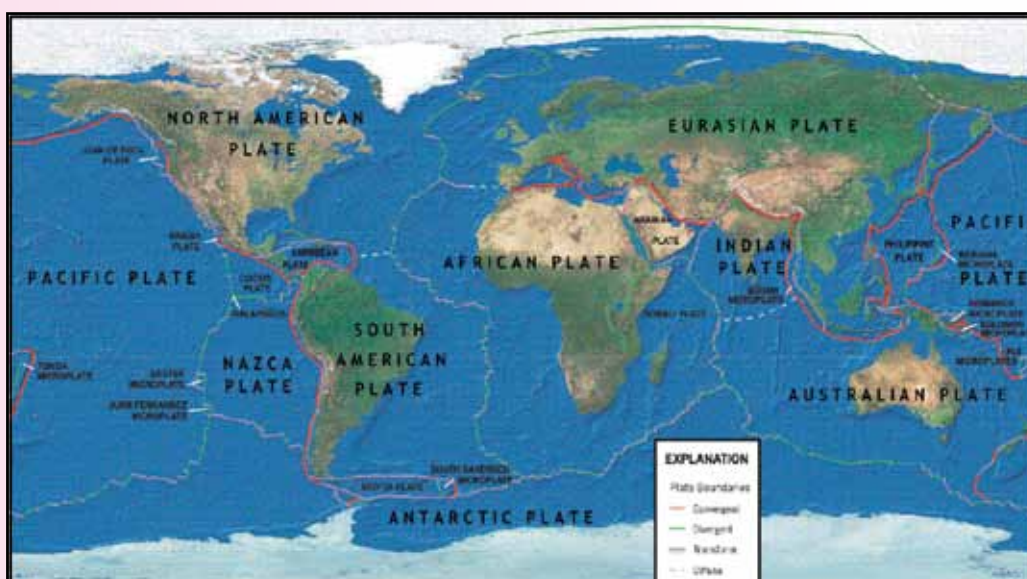
- ภูเขาไฟระเบิด (Volcano Eruption)
- การยุบตัวหรือพังทลายของโพรงใต้ดิน (Implosion)
- ความสั่นสะเทือนจากคลื่นมหาสมุทร (Oceanic Microseism)

นอกจากนี้แผ่นดินไวยังอาจเกิดจากการกระทำของมนุษย์เช่นการทดลองระเบิดนิวเคลียร์ใต้ผิวดิน การระเบิดจากการทำเหมืองแร่ การสร้างอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ การฉีดอัดของเหลวลงใต้ดิน การขุดเจาะพื้นดิน เป็นต้น

1.2 แหล่งกำเนิดของแผ่นดินไหว

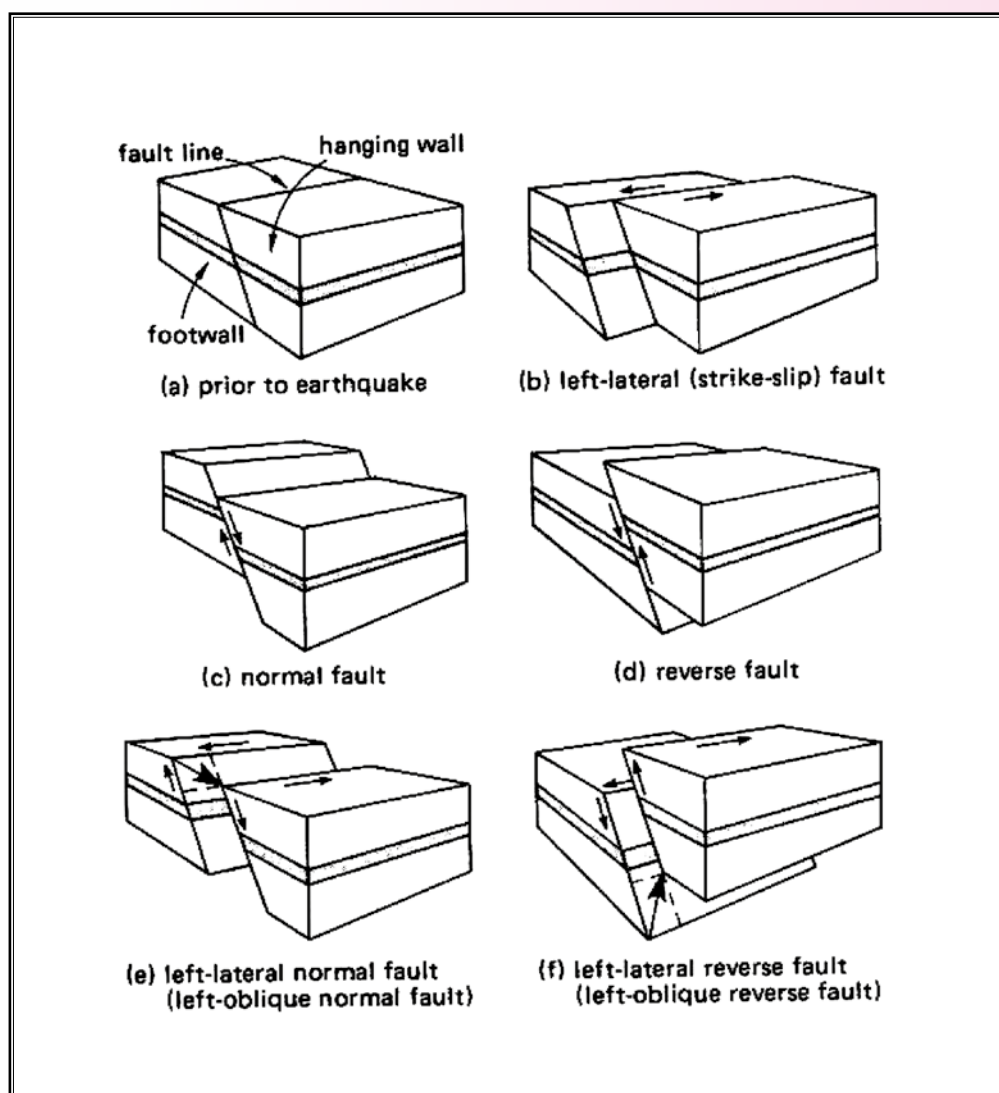
แหล่งกำเนิดหรือตำแหน่งศูนย์กลางของแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ สามารถจำแนกออกได้เป็น 2 แหล่ง ได้แก่

- (1) แนวขอบของแผ่นเปลือกโลก (Plate Boundary) ซึ่งเป็นแนวขอบส่วนต่อระหว่างแผ่นเปลือกโลก



รูปที่ 2 : แผ่นเปลือกโลกและแนวขอบของแผ่นเปลือกโลก (ที่มา : U.S. Geological Survey)

- (2) แนวรอยเลื่อนต่างๆ ที่มีศักยภาพในการเคลื่อนตัวและก่อให้เกิดแผ่นดินไหวได้ ซึ่งเรียกรอยเลื่อนดังกล่าวว่า รอยเลื่อนมีพลัง (Active Fault)



รูปที่ 3 : ประเภทของรอยเลื่อนตามลักษณะและทิศทางของการเลื่อน
(ที่มา : เอกสารอ้างอิงหมายเลข 9)

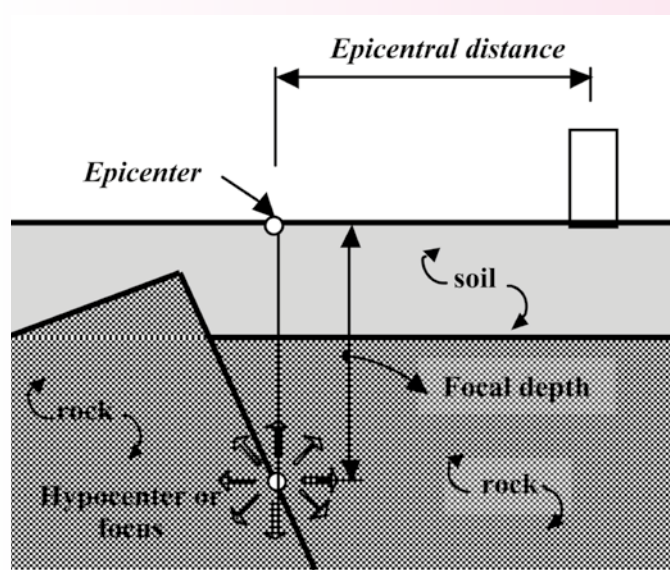
สำหรับรอยเลื่อนมีพลังที่มีผลกระทบต่อประเทศไทยมีทั้งรอยเลื่อนที่อยู่ภายนอกประเทศ เช่น รอยเลื่อนสะแกในพม่า รอยเลื่อนแม่น้ำแดงในจีน เป็นต้น และรอยเลื่อนที่อยู่ภายในประเทศ เช่น รอยเลื่อนแม่จัน รอยเลื่อนแม่ทาในภาคเหนือ รอยเลื่อนด่านเจดีย์สามองค์ในจังหวัดกาญจนบุรี เป็นต้น กรมทรัพยากรธรณีได้สำรวจข้อมูลรอยเลื่อนมีพลังในประเทศไทย โดยแบ่งออกเป็นกลุ่มรอยเลื่อนครอบคลุมพื้นที่ 22 จังหวัด ดังแสดงในรูปที่ 4

หน้า 4

1.3 คำศัพท์เกี่ยวกับแผ่นดินไหว (Earthquake Terminology)

จุดศูนย์กลางแผ่นดินไหว (Hypocenter หรือ Focus) เป็นตำแหน่งบริเวณที่เกิดแผ่นดินไหวภายในเปลือกโลกใต้พื้นดิน ส่วนตำแหน่งบริเวณที่เกิดแผ่นดินไหวบนผิวพื้นดิน เรียกว่า จุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวเหนือพื้นดิน (Epicenter) ซึ่งเป็นที่นิยมใช้ในการบอกตำแหน่ง เนื่องจากสามารถกำหนดพิกัดเป็นละติจูดและลองจิจูด รวมถึงระบุลงได้ถึงตำบลหรือตำแหน่งที่ชัดเจนกว่าจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหว

สำหรับความลึกจากผิวพื้นของโลกถึงจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหว เรียกว่า Focal Depth แผ่นดินไหวที่มี Focal Depth น้อยกว่า 60 กิโลเมตร จะจำแนกให้เป็นแผ่นดินไหวในระดับตื้น (Shallow Earthquakes) สำหรับแผ่นดินไหวระดับกลาง (Intermediate Earthquake) จะมีความลึกอยู่ในช่วงประมาณ 60 ถึง 300 กิโลเมตร ส่วนแผ่นดินไหวระดับลึก (Deep Earthquake) อาจมีความลึกได้ถึง 700 กิโลเมตร



รูปที่ 5 : ความหมายของคำศัพท์ที่เกี่ยวกับแผ่นดินไหว

ขนาดของแผ่นดินไหวสามารถจำแนกตามขนาดริกเตอร์ได้ 5 ขนาด ด้วยกัน ดังนี้

- (1) แผ่นดินไหวขนาดเล็กมาก (Micro Earthquake)
มีขนาดระหว่าง 2.0 ถึง 3.4 ริกเตอร์
- (2) แผ่นดินไหวขนาดเล็ก (Small Earthquake)
มีขนาดระหว่าง 3.5 ถึง 4.8 ริกเตอร์
- (3) แผ่นดินไหวขนาดกลาง (Moderate Earthquake)
มีขนาดระหว่าง 4.9 ถึง 6.1 ริกเตอร์
- (4) แผ่นดินไหวขนาดใหญ่ (Major Earthquake)
มีขนาดระหว่าง 6.2 ถึง 7.3 ริกเตอร์
- (5) แผ่นดินไหวขนาดใหญ่มาก (Great Earthquake)
มีขนาดตั้งแต่ 7.4 ริกเตอร์

“ริกเตอร์” เป็นหน่วยวัดขนาดของแผ่นดินไหว ณ บริเวณจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวที่สัมพันธ์กับปริมาณพลังงานที่ปลดปล่อยออกมาจากการเกิดแผ่นดินไหว ในแต่ละครั้ง โดยชาร์ลส์ เอฟ. ริกเตอร์ (Charles F. Richter) เป็นผู้นำเสนอเมื่อ ค.ศ. 1935



ระดับความรุนแรงแผ่นดินไหว (Earthquake Intensity) เป็นระดับความรุนแรงวัดได้จากปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นขณะเกิดแผ่นดินไหวและหลังเกิดแผ่นดินไหวของแต่ละพื้นที่ เช่น ความรู้สึกของผู้คนลักษณะการสั่นไหวของวัตถุ ความเสียหายของสิ่งก่อสร้าง ลักษณะทางกายภาพของพื้นดินที่เปลี่ยนแปลง เป็นต้น ความรุนแรงของแผ่นดินไหวในแต่ละพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบอาจจะแตกต่างกันได้ ความรุนแรงแผ่นดินไหวมีด้วยกันหลายมาตรา แต่ที่นิยมใช้ในประเทศไทย ได้แก่ มาตราเมอร์แคลลี (Modified Mercalli Intensity Scale) ที่พัฒนาโดย Harry Wood และ Frank Neumann ชาวอเมริกันในปี ค.ศ. 1931 และได้รับการปรับปรุงในภายหลังโดย ชาร์ลส์ เอฟ ริกเตอร์ ซึ่งมี 12 อันดับ (MMI Scale) เรียงลำดับจากเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่รุนแรงน้อยที่สุดจนถึงรุนแรงมากที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 : ระดับความรุนแรงแผ่นดินไหวตามมาตราเมอร์แคลลี (MMI)

ระดับ	ลักษณะความรุนแรงที่เกิดขึ้น
I	ไม่รู้สึกสั่นไหว หรือ ยากต่อการรับรู้ว่าการสั่นไหว
II	บางคนรู้สึกถึงการสั่นไหวได้ในขณะอยู่เฉย โดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้ที่อยู่ชั้นบนๆ ของอาคาร วัตถุที่แขวนอยู่อาจจะแกว่ง
III	ผู้อยู่ในอาคารรู้สึกถึงการสั่นไหวได้ง่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้ที่อยู่ชั้นบนๆ ของอาคาร แต่ผู้คนส่วนใหญ่ยังไม่รู้สึกว่าแผ่นดินไหวเกิดขึ้น รถยนต์ที่จอดอยู่กับที่อาจสั่นไหวเล็กน้อย ความรู้สึกการสั่นเปรียบเสมือนรถบรรทุกแล่นผ่าน
IV	ในเวลากลางวันผู้คนในอาคารรู้สึกถึงการสั่นไหวมาก แต่ผู้อยู่นอกอาคารมีเพียงบางคนจะรู้สึก ในเวลากลางคืนบางคนจะตื่นจากการนอนหลับเนื่องจากการสั่นไหว จานชาม หน้าต่าง ประตูสั่น กำแพงเกิดเสียงแครก ความรู้สึกการสั่นเปรียบเสมือนรถบรรทุกพุ่งชนอาคาร รถยนต์ที่จอดอยู่กับที่สั่นไหวอย่างชัดเจน
V	เกือบทุกคนรู้สึกได้ถึงการสั่นไหว หลายคนตื่นนอนหลับอยู่ตกใจตื่น จานชามและกระจกอาจแตกได้ วัตถุที่ไม่มั่นคงล้มคว่ำ
VI	ทุกคนรู้สึกถึงการสั่นไหว หลายคนตกใจกลัว เครื่องเรือนหนักบางชิ้นเคลื่อนที่ เกิดความเสียหายเพียงเล็กน้อยกับอาคาร
VII	อาคารที่ออกแบบและก่อสร้างมาดีไม่ถือว่าเสียหาย แต่เกิดความเสียหายเล็กน้อยถึงปานกลางกับอาคารสิ่งก่อสร้างธรรมดาทั่วไป และเกิดความเสียหายมากกับอาคารที่ออกแบบและก่อสร้างมาไม่ดี
VIII	อาคารที่ออกแบบไว้อย่างดีพิเศษจะเสียหายเล็กน้อย อาคารธรรมดาทั่วไปจะเสียหายมากและบางส่วนของอาคารพังทลาย ส่วนอาคารที่ออกแบบไม่ดีจะเสียหายอย่างหนัก สิ่งของหนักจะล้มคว่ำได้
IX	อาคารที่ออกแบบไว้อย่างดีพิเศษจะเสียหายมาก โครงสร้างที่ออกแบบมาดียังจะเอนเอียง อาคารธรรมดาทั่วไปจะเสียหายอย่างหนักและบางส่วนพังทลาย ตัวอาคารเคลื่อนออกจากฐานราก พื้นดินแยกอย่างชัดเจน ท่อใต้ดินแตก
X	โครงสร้างอาคารส่วนใหญ่จะพังทลาย รางรถไฟบิดงอ ดินถล่มบริเวณพื้นที่ลาดชัน
XI	สิ่งก่อสร้างจะเหลือรอดอยู่น้อย สะพานพังทลาย รางรถไฟบิดงออย่างมาก
XII	ทุกสิ่งพังเสียหายทั้งหมด พื้นดินมีสภาพเป็นลูกคลื่น เส้นแนวระดับสายตาบิดเบน วัตถุสิ่งของกระเด็นขึ้นในอากาศ

1.4 ภัยพิบัติหรือความเสียหายอื่นที่อาจเกิดขึ้นเนื่องจากเหตุการณ์แผ่นดินไหว

ในการเกิดแผ่นดินไหวครั้งหนึ่งๆ อาจส่งผลกระทบให้เกิดภัยพิบัติหรือความเสียหายอื่นตามมาได้ เช่น

- (1) ดินถล่ม (Landslide) แผ่นดินไหวสามารถกระตุ้นให้มวลดินบริเวณเชิงลาดที่ไม่มั่นคงให้เกิดการเลื่อนไถลจนเกิดการวิบัติได้



รูปที่ 6 : ดินถล่มจากเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่กัวเตมาลา เมื่อวันที่ 4 กุมภาพันธ์ 2519
แผ่นดินไหวมีขนาด 7.5 ริคเตอร์ (ที่มา : National Geophysical Data Center, NOAA)



รูปที่ 7 : สภาพดินฐานรากเป็นดินเหลวทำให้อาคารหลายแห่งเกิดการล้มเอียงจากเหตุการณ์แผ่นดินไหวนิกะตะ เมื่อวันที่ 16 มิถุนายน 2507 (ที่มา : National Geophysical Data Center, NOAA)

- (2) **แผ่นดินแยก** รอยเลื่อนที่เป็นแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวอาจเกิดการแยกตัว และสร้างความเสียหายแก่อาคารและสาธารณูปโภคที่ตั้งอยู่ในบริเวณดังกล่าวได้
- (3) **ปรากฏการณ์ทรายเหลว (Liquefaction)** เป็นปรากฏการณ์ที่ดินทรายหลวมที่อิ่มตัวด้วยน้ำเกิดการสูญเสียกำลังเนื่องจากแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหวที่แรงมากพอจนทำให้แรงดันน้ำในชั้นดินเพิ่มมากขึ้นส่งผลให้เม็ดดินเกิดการแยกตัว ซึ่งสามารถก่อให้เกิดการวิบัติของดินฐานรากและสร้างความเสียหายแก่อาคารและสิ่งปลูกสร้างได้
- (4) **คลื่นยักษ์สึนามิ (Tsunami)** แผ่นดินไหวขนาดใหญ่ที่มีศูนย์กลางอยู่ในมหาสมุทรอาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำในมหาสมุทรอย่างฉับพลัน ก่อให้เกิดคลื่นสึนามิที่สามารถสร้างความสูญเสียต่อประชาชนและความเสียหายต่อสิ่งปลูกสร้างในพื้นที่ชายฝั่งได้



รูปที่ 8 : ความเสียหายจากคลื่นสึนามิ ในจังหวัดพังงา เมื่อวันที่ 26 ธันวาคม 2547

- (5) การวิบัติของอาคาร อาคาร บ้านเรือน สะพาน หรือสิ่งก่อสร้างอาจเกิดความเสียหายจากการโยกตัวกลับไปกลับมา และหากแผ่นดินไหวมีความรุนแรง อาคารหรือสิ่งก่อสร้างที่ไม่มั่นคงแข็งแรงหรือไม่ได้รับการออกแบบให้ต้านทานแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว อาจพังทลายลงมาได้
- (6) การวิบัติของเขื่อนเก็บกักน้ำ แผ่นดินไหวอาจทำให้เขื่อนเก็บกักน้ำเสียหาย และหากเขื่อนดังกล่าวพังทลายลงจะทำให้เกิดน้ำท่วมในพื้นที่หลังเขื่อนเป็นบริเวณกว้าง
- (7) อัคคีภัย เหตุการณ์แผ่นดินไหวในต่างประเทศหลายครั้งพบว่าภายหลังการเกิดแผ่นดินไหวที่รุนแรง มักจะเกิดอัคคีภัยตามมา เนื่องจากการรั่วของท่อส่งแก๊ส เป็นต้น

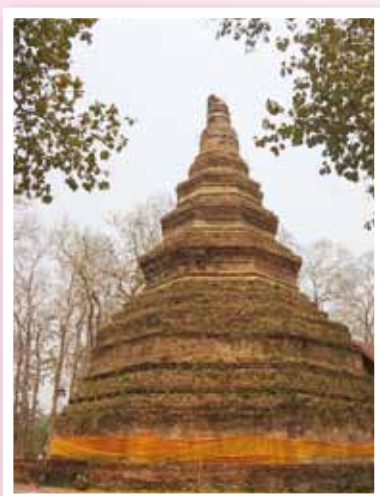
1.5 ความเสี่ยงภัยจากแผ่นดินไหวของประเทศไทย

หากพิจารณาจากแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวตามที่ได้กล่าวมาแล้ว ความเสี่ยงภัยจากแผ่นดินไหวของประเทศไทยสามารถจำแนกออกได้เป็น 2 กรณี ดังนี้

- (1) ความเสี่ยงภัยจากการเกิดแผ่นดินไหวที่มีศูนย์กลางในประเทศและบริเวณใกล้เคียง โดยศูนย์กลางดังกล่าวได้แก่ แนวรอยเลื่อนมีพลังในบริเวณภาคเหนือและบริเวณใกล้เคียง และจังหวัดกาญจนบุรี และบริเวณภาคใต้ ที่มีข้อมูลทางธรณีวิทยาแสดงว่า รอยเลื่อนดังกล่าวมีพลังและมีศักยภาพที่จะทำให้เกิดแผ่นดินไหวขนาดเล็กถึงใหญ่ได้ ตัวอย่างเช่น เหตุการณ์แผ่นดินไหวขนาด 5.1 ริคเตอร์ เมื่อวันที่ 11 กันยายน 2537 มีศูนย์กลางอยู่ห่างจากตัวอำเภอพาน จังหวัดเชียงราย ประมาณ 20 กิโลเมตร และเหตุการณ์แผ่นดินไหวขนาด 6.8 ริคเตอร์เมื่อวันที่ 24 มีนาคม 2554 มีศูนย์กลางอยู่ในสหภาพเมียนมาร์ห่างจากอำเภอแม่สาย จังหวัดเชียงราย ประมาณ 30 กิโลเมตร ลึกลงจากพื้นดินประมาณ 10 กิโลเมตร ทั้งสองเหตุการณ์ทำให้เกิดความเสียหายต่ออาคาร บ้านเรือน ของประชาชน และเมื่อวันที่ 16 เมษายน 2555 ได้เกิดแผ่นดินไหวขนาด 4.3 ริคเตอร์ มีจุดศูนย์กลางอยู่บริเวณอำเภอเถลิง จังหวัดภูเก็ต ลึกลงจากพื้นดินประมาณ 10 กิโลเมตร โดยประชาชนในหลายพื้นที่ของจังหวัดภูเก็ตสามารถรับรู้ถึงแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหวครั้งนี้ได้ แต่ไม่มีผู้เสียชีวิตหรือผู้ได้รับบาดเจ็บ ซึ่งบริเวณศูนย์กลางแผ่นดินไหวนี้เป็นพื้นที่ใกล้แนวรอยเลื่อนคลองมะรุ่ย



รูปที่ 9 : ความเสียหายของเสาและตอม่อของโรงพยาบาลพาน จังหวัดเชียงราย แผ่นดินไหวเมื่อวันที่ 11 กันยายน 2537 ขนาด 5.1 ริคเตอร์



ยอดเจดีย์ประธานวัดเจดีย์หลวงหักโค่นลงมา

รูปที่ 10 : ความเสียหายของอาคารและโบราณสถานในจังหวัดเชียงราย
แผ่นดินไหวเมื่อวันที่ 24 มีนาคม 2554 ขนาด 6.8 ริคเตอร์

- (2) ความเสี่ยงภัยจากการเกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ที่มีศูนย์กลางอยู่ภายนอกประเทศ ในระยะไกล แต่ส่งผลกระทบต่ออาคารและสิ่งก่อสร้างในประเทศไทย โดยเฉพาะในบริเวณที่ สภาพดินฐานรากเป็นชั้นดินเหนียวอ่อนที่มีความหนามาก จะทำให้อาคารในพื้นที่นั้นมีความเสี่ยงสูงขึ้น เนื่องจากดินอ่อนจะขยายแรงสั่นสะเทือนให้สูงขึ้น ซึ่งอาคารในกรุงเทพมหานคร และเขตปริมณฑลจะมีความเสี่ยงในลักษณะนี้ โดยเรียกความเสี่ยงนี้ว่า “ความเสี่ยงต่อแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ระยะไกล” รอยเลื่อนใหญ่ที่สำคัญต่อการเกิดแผ่นดินไหวและ ส่งผลกระทบต่อประเทศไทยดังกล่าวได้แก่ รอยเลื่อนสะแกง (Sagaying Fault) รอยเลื่อน สุมาตรา และรอยเลื่อนแม่น้ำแดง รอยเลื่อนเหล่านี้สามารถทำให้เกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ได้ ตัวอย่างเหตุการณ์แผ่นดินไหวในกรณีนี้ ได้แก่ เหตุการณ์เมื่อวันที่ 22 กันยายน 2546 เกิดแผ่นดินไหวขนาด 6.6 ริคเตอร์ มีศูนย์กลางอยู่ในรอยเลื่อนสะแกง สหภาพเมียนมาร์ ลึกจาก พื้นดินประมาณ 10 กิโลเมตร ห่างจากกรุงเทพมหานครประมาณ 860 กิโลเมตร และเหตุการณ์ เมื่อวันที่ 26 ธันวาคม 2547 เกิดแผ่นดินไหวขนาด 9.1 ริคเตอร์ มีศูนย์กลางอยู่ที่เกาะสุมาตรา ประเทศอินโดนีเซีย ลึกจากพื้นดินประมาณ 30 กิโลเมตร ห่างจากกรุงเทพมหานครประมาณ 1,300 กิโลเมตร และเหตุการณ์เมื่อวันที่ 11 เมษายน 2555 เกิดแผ่นดินไหวขนาด 8.6 ริคเตอร์ มีจุดศูนย์กลางอยู่บริเวณชายฝั่งตะวันตก ทางตอนเหนือของเกาะสุมาตรา ประเทศอินโดนีเซีย ลึกจากพื้นดินประมาณ 23 กิโลเมตร ห่างจากกรุงเทพมหานครประมาณ 1,500 กิโลเมตร โดยทั้งสามเหตุการณ์นี้ผู้คนในอาคารสูงหลายแห่งในกรุงเทพมหานครสามารถรับรู้ถึงการสั่นสะเทือนได้



2. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการออกแบบอาคารในพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหว

คลื่นการสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหวจะส่งผลให้อาคารและสิ่งปลูกสร้างในบริเวณที่ได้รับผลกระทบเกิดการสั่นสะเทือนตามไปด้วย หากการสั่นสะเทือนมีความรุนแรงมากพอก็สามารถสร้างความเสียหายกับอาคารและสิ่งปลูกสร้างดังกล่าวได้ การสูญเสียชีวิตของประชาชนจากแผ่นดินไหวมีสาเหตุหลักเกิดขึ้นจากการพังทลายของอาคารและสิ่งปลูกสร้าง ดังนั้น มาตรการสำคัญในการเสริมสร้างความปลอดภัยต่อชีวิตและทรัพย์สินของประชาชนที่อาศัยอยู่ในพื้นที่เสี่ยงภัยจากแผ่นดินไหวที่มีประสิทธิภาพที่สุดมาตรการหนึ่ง คือ การควบคุมให้อาคารและสิ่งปลูกสร้างต่างๆ สามารถต้านทานแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหวได้ในระดับที่เหมาะสม ซึ่งกระทรวงมหาดไทยโดยกรมโยธาธิการและผังเมืองได้กำหนดมาตรการควบคุมดังกล่าวโดยประกาศกฎกระทรวงกำหนดการรับน้ำหนัก ความต้านทาน ความคงทนของอาคารและพื้นดินที่รองรับอาคารในการต้านทานแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว พ.ศ. 2550 ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 ซึ่งมีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 30 พฤศจิกายน 2550 เป็นต้นมา

เอกสารในส่วนนี้เป็นการรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับการออกแบบและก่อสร้างอาคารในพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวที่สำคัญ อันได้แก่ กฎหมายและมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง ลักษณะและรูปทรงของอาคารที่เหมาะสม ระบบโครงสร้างในการต้านแรงด้านข้าง รวมไปถึงการปรับปรุงอาคารที่มีอยู่แล้วให้สามารถต้านทานแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหวได้ ทั้งนี้ เพื่อใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการทำความเข้าใจเกี่ยวกับการออกแบบและก่อสร้างอาคารในพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหว

2.1 กฎหมายว่าด้วยการก่อสร้างอาคารในพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหว

กฎกระทรวงกำหนดการรับน้ำหนัก ความต้านทาน ความคงทนของอาคารและพื้นดินที่รองรับอาคารในการต้านทานแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว พ.ศ. 2550 ได้ระบุให้การก่อสร้างอาคารบางประเภทที่อยู่ในพื้นที่ควบคุมต้องได้รับการออกแบบและก่อสร้างให้สามารถต้านทานแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหวในระดับที่เหมาะสม โดยรายละเอียดของกฎกระทรวงมีเนื้อหาหลักที่สำคัญดังต่อไปนี้

(1) พื้นที่ควบคุม

กฎกระทรวงได้กำหนดพื้นที่ควบคุมเป็น 3 บริเวณ ครอบคลุม 22 จังหวัด ดังนี้

(1.1) “บริเวณเฝ้าระวัง” เป็นพื้นที่หรือบริเวณใกล้เคียงรอยเลื่อนระนองและรอยเลื่อนคลองมะรุ่ย ในภาคใต้ที่อาจได้รับผลกระทบจากแผ่นดินไหว ได้แก่ จังหวัดกระบี่ จังหวัดชุมพร จังหวัดพังงา จังหวัดภูเก็ต จังหวัดระนอง จังหวัดสงขลา และจังหวัดสุราษฎร์ธานี รวม 7 จังหวัด

(1.2) “บริเวณที่ 1” เป็นพื้นที่หรือบริเวณที่เป็นดินอ่อนมากที่อาจได้รับผลกระทบจากแผ่นดินไหว ระยะใกล้เคียง ได้แก่ กรุงเทพมหานคร จังหวัดนนทบุรี จังหวัดปทุมธานี จังหวัดสมุทรปราการ และจังหวัดสมุทรสาคร รวม 5 จังหวัด

(1.3) “บริเวณที่ 2” เป็นพื้นที่หรือบริเวณที่อยู่ใกล้รอยเลื่อนที่อาจได้รับผลกระทบจากแผ่นดินไหว ได้แก่ จังหวัดกาญจนบุรี จังหวัดเชียงราย จังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดตาก จังหวัดน่าน จังหวัดพะเยา จังหวัดแพร่ จังหวัดแม่ฮ่องสอน จังหวัดลำปาง และจังหวัดลำพูน รวม 10 จังหวัด

(2) ประเภทอาคารควบคุม

กฎกระทรวงได้กำหนดประเภทอาคารควบคุมตามพื้นที่ควบคุมบริเวณต่างๆ เนื่องจากผลกระทบจากแผ่นดินไหวที่มีต่ออาคารประเภทต่างๆ ในแต่ละบริเวณมีความแตกต่างกัน และประเภทของอาคารตามทีระบุในกฎกระทรวงจะเป็นอาคารในลักษณะซึ่งหากเกิดความเสียหายแล้วจะมีผลกระทบต่อสาธารณะหรือหมู่คนจำนวนมาก โดยอาคารควบคุมในกฎกระทรวงมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

(2.1) บริเวณเฝ้าระวังและบริเวณที่ 1

- (ก) อาคารที่จำเป็นต่อความเป็นอยู่ของสาธารณชน เช่น สถานพยาบาลที่รับผู้ป่วยไว้ค้างคืน สถานีดับเพลิง อาคารศูนย์บรรเทาสาธารณภัย อาคารศูนย์สื่อสาร ท่าอากาศยาน โรงไฟฟ้า โรงผลิตและเก็บน้ำประปา
- (ข) อาคารเก็บวัตถุอันตราย เช่น วัตถุระเบิด วัตถุไวไฟ วัตถุมีพิษ วัตถุกัมมันตรังสี หรือวัตถุที่ระเบิดได้
- (ค) อาคารสาธารณะที่มีผู้ใช้อาคารได้ตั้งแต่สามร้อยคนขึ้นไป ได้แก่ โรงมหรสพ หอประชุม หอศิลป์ พิพิธภัณฑ์สถาน หอสมุด ศาสนสถาน สนามกีฬา อัฒจันทร์ ตลาด ห้างสรรพสินค้า ศูนย์การค้า สถานีรถ และโรงแรม
- (ง) สถานศึกษาที่รับนักเรียนหรือนักศึกษาได้ตั้งแต่สองร้อยห้าสิบคนขึ้นไป
- (จ) สถานรับเลี้ยงเด็กอ่อนที่รับเด็กอ่อนได้ตั้งแต่ห้าสิบคนขึ้นไป
- (ฉ) อาคารที่มีผู้ใช้อาคารได้ตั้งแต่ห้าพันคนขึ้นไป
- (ช) อาคารที่มีความสูงตั้งแต่สิบห้าเมตรขึ้นไป
- (ซ) สะพานหรือทางยกระดับที่มีช่วงระหว่างศูนย์กลางตอม่อยาวตั้งแต่สิบเมตรขึ้นไป
- (ณ) เขื่อนเก็บกักน้ำ เขื่อนทดน้ำหรือฝายทดน้ำ ที่ตัวเขื่อนหรือตัวฝายมีความสูงตั้งแต่สิบเมตรขึ้นไป

(2.2) บริเวณที่ 2

- (ก) อาคารที่จำเป็นต่อความเป็นอยู่ของสาธารณชน เช่น สถานพยาบาลที่รับผู้ป่วยไว้ค้างคืน สถานีดับเพลิง อาคารศูนย์บรรเทาสาธารณภัย อาคารศูนย์สื่อสาร ท่าอากาศยาน โรงไฟฟ้า โรงผลิตและเก็บน้ำประปา
- (ข) อาคารเก็บวัตถุอันตราย เช่น วัตถุระเบิด วัตถุไวไฟ วัตถุมีพิษ วัตถุกัมมันตรังสี หรือวัตถุที่ระเบิดได้
- (ค) อาคารสาธารณะ ได้แก่ โรงมหรสพ หอประชุม หอศิลป์ พิพิธภัณฑ์สถาน หอสมุด ศาสนสถาน สนามกีฬา อัฒจันทร์ ตลาด ห้างสรรพสินค้า ศูนย์การค้า สถานีรถ โรงแรม สถานบริการ และอาคารจอดรถ
- (ง) สถานศึกษา
- (จ) สถานรับเลี้ยงเด็กอ่อน
- (ฉ) อาคารที่มีผู้ใช้อาคารได้ตั้งแต่ห้าพันคนขึ้นไป
- (ช) อาคารที่มีความสูงตั้งแต่สิบห้าเมตรขึ้นไป
- (ซ) สะพานหรือทางยกระดับที่มีช่วงระหว่างศูนย์กลางตอม่อยาวตั้งแต่สิบเมตรขึ้นไป
- (ณ) เขื่อนเก็บกักน้ำ เขื่อนทดน้ำหรือฝายทดน้ำ ที่ตัวเขื่อนหรือตัวฝายมีความสูงตั้งแต่สิบเมตรขึ้นไป

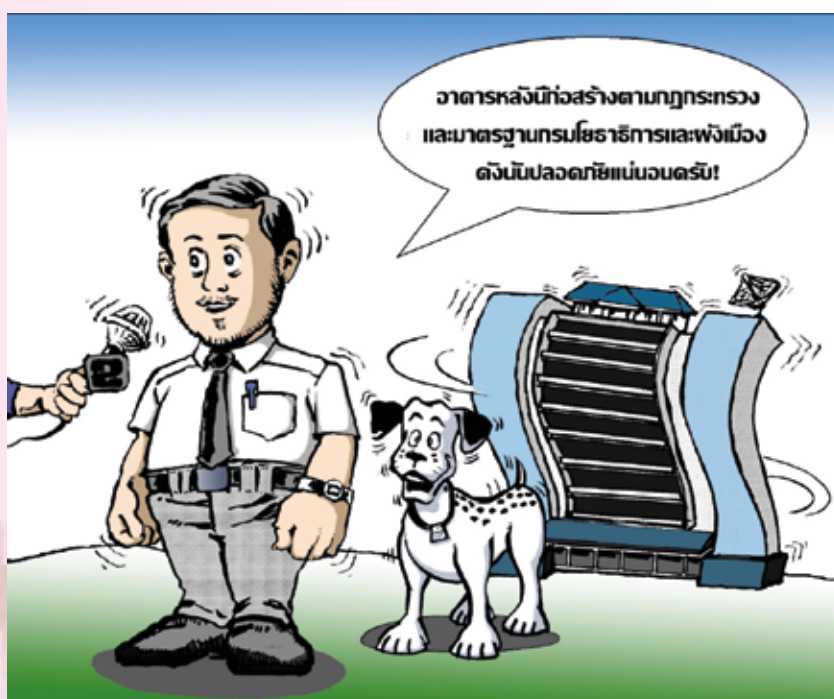
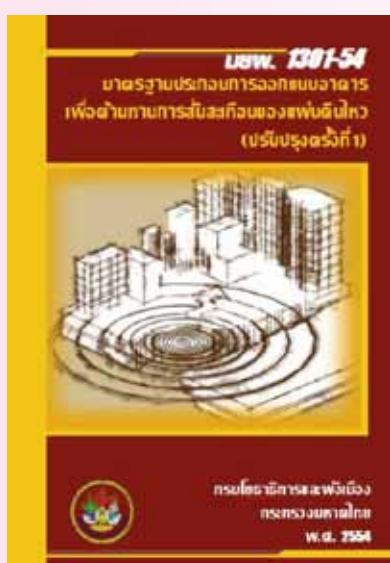
2.2 มาตรฐานของกรมโยธาธิการและผังเมือง

กรมโยธาธิการและผังเมืองได้จัดทำมาตรฐานการออกแบบอาคารเพื่อต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว เพื่อเพิ่มเติมรายละเอียดการออกแบบและคำนวณอาคารในกฎกระทรวงให้มีความสมบูรณ์และชัดเจนยิ่งขึ้น หน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถนำไปใช้ปฏิบัติให้การก่อสร้างอาคารเป็นไปตามหลักวิชาการเกิดความปลอดภัยสูงสุด โดยไม่สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายมากนัก โดยปัจจุบันกรมโยธาธิการและผังเมืองได้จัดทำมาตรฐาน 2 ฉบับ ดังนี้

(1) มาตรฐานประกอบการออกแบบอาคารเพื่อต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว หรือ มยพ. 1301 โดยเนื้อหาของมาตรฐานฉบับนี้ประกอบด้วยส่วนสำคัญสองส่วน ได้แก่ เกณฑ์การจำแนกประเภทอาคารตามลักษณะและรูปทรงของโครงสร้าง และรายละเอียดการเสริมเหล็กโครงสร้างแรงดัดให้มีความเหนียว

(2) มาตรฐานการออกแบบอาคารต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว หรือ มยพ. 1302 เป็นมาตรฐานที่จัดทำขึ้นเพิ่มเติมรายละเอียดในส่วนที่เกี่ยวกับการคำนวณแรงสั่นสะเทือนนอกเหนือจากที่กำหนดไว้ในกฎกระทรวง โดยเฉพาะการคำนวณสำหรับอาคารที่มีรูปทรงไม่สม่ำเสมอที่กฎกระทรวงกำหนดให้ต้องคำนวณโดยวิธีเชิงพลศาสตร์ นอกจากนี้ ยังได้กำหนด Acceleration spectrum สำหรับการออกแบบอาคารในทุกพื้นที่ของประเทศอีกด้วย

ผู้สนใจสามารถขอรับมาตรฐานดังกล่าวได้ที่สำนักควบคุมและตรวจสอบอาคาร กรมโยธาธิการและผังเมือง ถนนพระรามที่ 6 กรุงเทพฯ หรือค้นหาจากเว็บไซต์ของกรมโยธาธิการและผังเมือง (<http://www.dpt.go.th>)



2.3 รูปทรงของอาคารที่เหมาะสมในการต้านทานแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหว

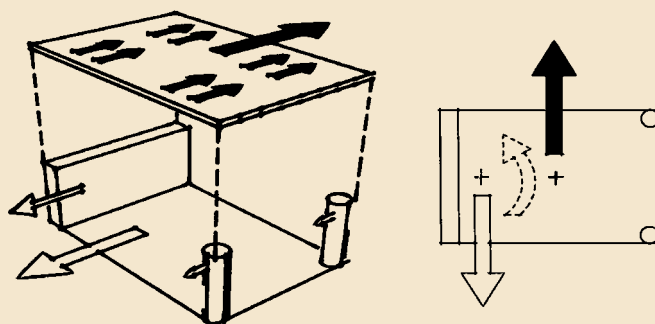
อาคารที่ตั้งอยู่ในพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวควรมีรูปทรงที่เรียบง่ายและสม่ำเสมอ ซึ่งจะไม่ก่อให้เกิดพฤติกรรมของอาคารที่ไม่พึงประสงค์ เช่น การบิดตัวของอาคาร หรือการกระจุกตัวของหน่วยแรงที่สูงขึ้นในบางตำแหน่ง โดยการพิจารณารูปทรงของอาคารมีทั้งในแนวราบหรือผังโครงสร้างของอาคาร และรูปทรงของอาคารในแนวดิ่ง

การกระจุกตัวของหน่วยแรง (Stress Concentration) หมายถึง สัดส่วนของแรงที่รวมตัวกัน ณ ตำแหน่งหนึ่งตำแหน่งใด หรือส่วนหนึ่งส่วนใดของอาคารสูงเกินไป ซึ่งการกระจุกตัวของหน่วยแรงดังกล่าวอาจทำให้ชิ้นส่วนอาคาร เช่น คาน เสา หรือผนังไม่สามารถต้านทานหน่วยแรงนั้นได้จึงเกิดการวิบัติอย่างต่อเนื่อง จนอาจทำให้อาคารทั้งหลังพังทลายลงได้



ตัวอย่างความเสียหายของอาคารที่มีรูปทรงไม่สม่ำเสมอ บริเวณที่อาคารเปลี่ยนรูปทรงจะเกิดการกระจุกตัวของหน่วยแรงที่สูงจนทำให้อาคารเกิดความเสียหายได้ “เหตุการณ์แผ่นดินไหวที่โกเบ เมื่อวันที่ 17 มกราคม 2538 ขนาด 7.2 ริคเตอร์ และมีศูนย์กลางที่เกาะอะวะจิ”

การบิดของตัวอาคารจากการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหวเกิดขึ้นเมื่อจุดศูนย์กลางของมวล (Center of Mass) กับจุดศูนย์กลางของการต้านทานแรง (Center of Rigidity) ไม่อยู่ตำแหน่งเดียวกัน จึงทำให้อาคารเกิดการหมุนขึ้น



2.3.1 รูปทรงของอาคารในแนวราบหรือผังโครงสร้างของอาคาร

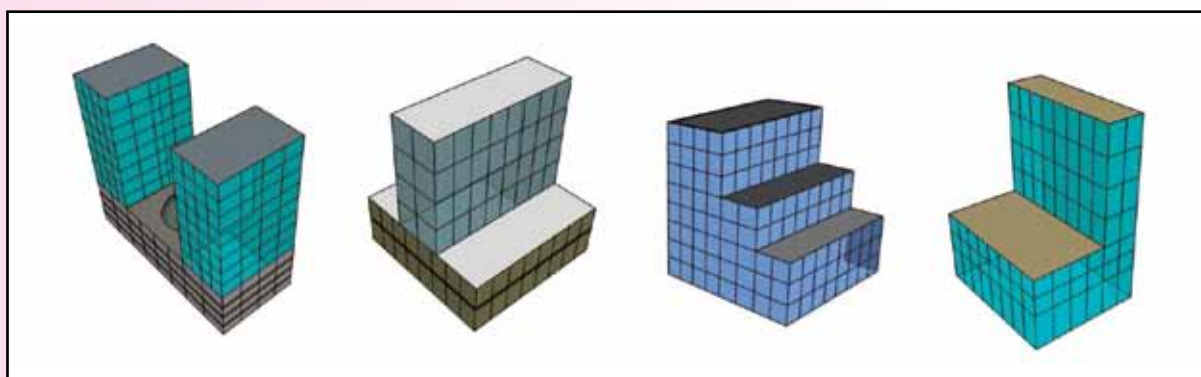
รูปทรงของอาคารในแนวราบหรือผังโครงสร้างของอาคารที่ไม่สม่ำเสมอหรือไม่สมมาตร จะทำให้อาคารต้องรับแรงบิดจากแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว นอกจากนี้การที่อาคารมีมุมหักจะทำให้เกิดการกระจุกตัวของหน่วยแรงที่สูงทำให้เกิดความเสียหายในบริเวณดังกล่าวได้ ดังนั้น ในการออกแบบจึงควรหลีกเลี่ยงอาคารที่มีผังไม่สม่ำเสมอหรือมีมุมหัก เช่น ผังของอาคารเป็น รูปตัวยู รูปตัวที รูปกากบาท และรูปตัวแอล เป็นต้น สำหรับลักษณะความไม่สม่ำเสมอของผังโครงสร้างด้านอื่นๆ ได้แก่ ความไม่ต่อเนื่องของไดอะแฟรม การเยื้องออกนอกกระนาบ และระบบที่ไม่ขนานกัน อ้างอิงได้จากมาตรฐาน มยผ. 1301-54



รูปที่ 11 : ตัวอย่างความไม่สม่ำเสมอทางเรขาคณิตของรูปทรงของอาคารในแนวราบที่ควรหลีกเลี่ยง

2.3.2 รูปทรงของอาคารในแนวดิ่ง

อาคารต้านทานแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหวที่ดีนอกจากจะต้องมีรูปทรงในแนวราบที่สม่ำเสมอแล้ว อาคารยังต้องมีรูปทรงที่สม่ำเสมอในแนวดิ่ง ตัวอย่างของรูปทรงอาคารในแนวดิ่งที่ไม่สม่ำเสมอที่ควรหลีกเลี่ยงแสดงในรูปที่ 12 สำหรับลักษณะความไม่สม่ำเสมอของโครงสร้างอาคารในแนวดิ่งด้านอื่นๆ ได้แก่ ความไม่สม่ำเสมอของสติเฟนส ความไม่สม่ำเสมอของมวล ความไม่ต่อเนื่องในกระนาบ และความไม่ต่อเนื่องของกำลัง อ้างอิงได้จากมาตรฐาน มยผ. 1301-54



รูปที่ 12 : ตัวอย่างความไม่สม่ำเสมอทางเรขาคณิตของรูปทรงของอาคารในแนวดิ่งที่ควรหลีกเลี่ยง

ชั้นที่อ่อน (Soft Story)

จากรายงานความเสียหายของอาคารในเหตุการณ์แผ่นดินไหวของต่างประเทศพบว่า อาคารที่มีชั้นที่อ่อนซึ่งเป็นรูปทรงของอาคารที่ไม่สม่ำเสมอในแนวตั้งลักษณะหนึ่งจะมีความเสี่ยงที่จะเกิดความเสียหายจากการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหวมาก ตัวอย่างของอาคารที่มีชั้นที่อ่อน ได้แก่ อาคารพักอาศัยที่มีชั้นล่างเปิดโล่ง เพื่อใช้เป็นที่จอดรถยนต์ภายในอาคาร ทำให้เสาชั้นล่างมีการเคลื่อนตัวด้านข้างที่สูงมาก จนไม่สามารถต้านทานแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหวได้ อาคารทั้งหลังจึงพังทลายลงมา

มาตรฐาน มยผ. 1301-54 ให้ความหมายของชั้นที่อ่อนว่าชั้นที่มีสติฟเนสทางด้านข้าง (Lateral Stiffness) มีค่าน้อยกว่าร้อยละ 70 ของชั้นที่เหนือถัดขึ้นไปหรือน้อยกว่าร้อยละ 80 ของสติฟเนสเฉลี่ยของสามชั้นที่เหนือขึ้นไป

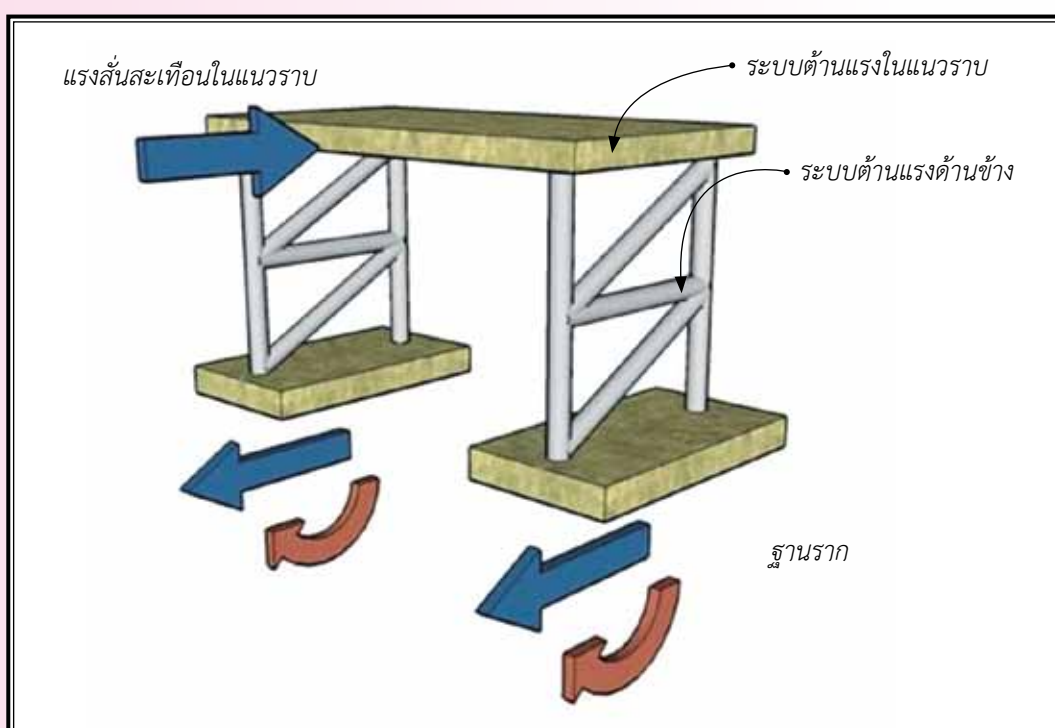


ตัวอย่างความเสียหายของชั้นที่อ่อนจากเหตุการณ์แผ่นดินไหวในต่างประเทศ
(ที่มา : FEMA และ National Information Service for Earthquake Engineering)

2.4 ระบบโครงสร้างอาคาร

การต้านทานแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหวของอาคารอาศัยระบบโครงสร้าง 2 ระบบ ได้แก่

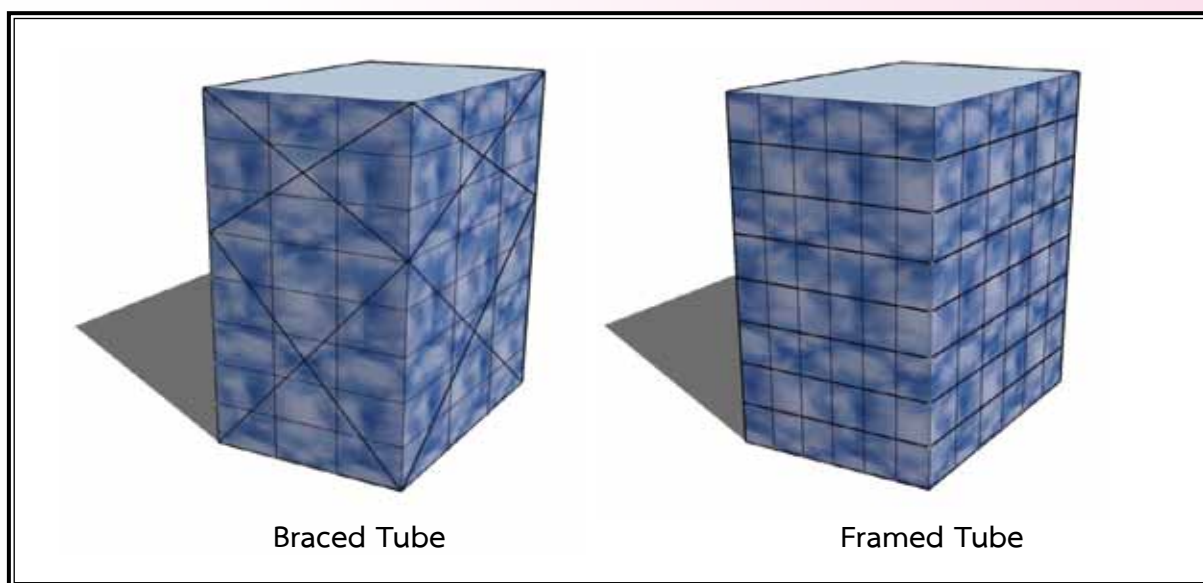
- (1) ระบบต้านแรงในแนวราบ (Horizontal-Force-Resisting Systems หรือ Diaphragms) เป็นระบบที่วางตัวในแนวราบ ทำหน้าที่ส่งถ่ายแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหวในแนวราบไปสู่ระบบรับแรงต้านข้างหรือชิ้นส่วนในแนวตั้ง ตัวอย่างของโครงสร้างระบบนี้ เช่น แผ่นพื้น และหลังคา เป็นต้น
- (2) ระบบต้านแรงต้านข้าง (Lateral-Force-Resisting Systems) เป็นระบบวางตัวในแนวตั้งที่ทำหน้าที่ส่งถ่ายแรงจากระบบต้านแรงในแนวราบไปสู่ฐานรากของอาคาร ซึ่งมีอยู่หลายรูปแบบ



รูปที่ 13 : ระบบโครงสร้างอาคารในการต้านทานแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหว

- (2.1) โครงต้านแรงดัด (Moment Resisting Frames) เป็นระบบรับแรงต้านข้างที่อาศัยความต้านทานแรงดัดของข้อต่อและองค์อาคาร
- (2.2) กำแพงรับแรงเฉือน (Shear Walls) เป็นระบบผนังที่ออกแบบเพื่อรับแรงทางต้านข้าง เช่น ปล่องลิฟต์ หรือ ปล่องบันได เป็นต้น
- (2.3) โครงแกนแนง (Brace Frames) ส่วนใหญ่เป็นระบบโครงถักหรือโครงข้อหมุนในแนวตั้งเพื่อรับแรงต้านข้าง
- (2.4) ระบบโครงสร้างคู่ (Dual Systems) เป็นการนำเอาระบบโครงสร้างที่กล่าวข้างต้นมาใช้ร่วมกันในการรับแรงทางต้านข้าง เช่น การใช้โครงต้านแรงดัดร่วมกับกำแพงรับแรงเฉือนหรือโครงแกนแนง เป็นต้น

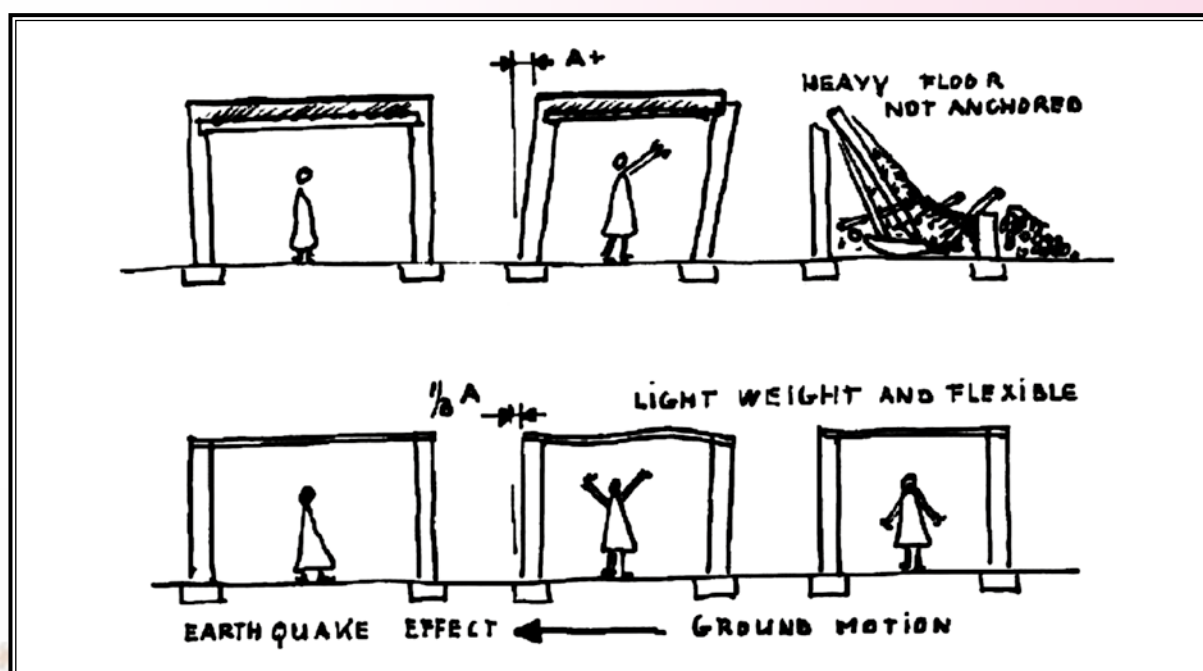
(2.5) ระบบกล่อง (Tubular Systems) ซึ่งเป็นการออกแบบให้โครงสร้างโดยรอบอาคารมีความแข็งแรง ทำให้อาคารมีลักษณะคล้ายกับเป็นคานย่นที่มีหน้าตัดเป็นท่อกว้างหรือกล่องขนาดใหญ่ การทำให้โครงสร้างโดยรอบของอาคารมีความแข็งแรงนี้ สามารถทำได้โดยใช้ตัวยึดทแยง (Braced Tube) หรือ วางเสารอบนอกอาคารให้เรียงถี่ใกล้กันและเชื่อมด้วยคานขอบที่แข็งแรง (Framed Tube)



รูปที่ 14 : ระบบกล่องที่ใช้ตัวยึดทแยงและใช้คานขอบที่แข็งแรง

2.5 วัสดุก่อสร้างอาคาร

วัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างอาคารควรมีน้ำหนักเบาแต่แข็งแรงและคงทน โดยทั่วไปอาคารที่มีน้ำหนักน้อยจะได้รับผลกระทบจากแรงแผ่นดินไหวน้อยกว่าอาคารที่มีน้ำหนักมาก



รูปที่ 15 : อาคารที่หลังคามีน้ำหนักน้อยจะปลอดภัยมากกว่าอาคารที่หลังคามีน้ำหนักมาก (ที่มา : เอกสารอ้างอิงหมายเลข 4)

2.6 การปรับปรุงอาคารในพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหว

กฎหมายควบคุมอาคารได้ยกเว้นอาคารควบคุมในพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวที่ได้รับใบอนุญาตหรือได้รับใบรับแจ้งการก่อสร้างหรืออาคารที่มีอยู่ก่อนวันที่ 30 พฤศจิกายน 2550 ไม่ต้องปฏิบัติตามกฎกระทรวงซึ่งอาคารเหล่านั้นหากมีการออกแบบและก่อสร้างที่ได้มาตรฐานและมีการควบคุมการใช้วัสดุให้ถูกต้องตามหลักวิชาการแล้ว อาคารก็จะมี ความต้านทานต่อแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหวได้ในระดับหนึ่ง แต่หากเจ้าของอาคารต้องการปรับปรุงอาคารของตนให้สามารถต้านทานแรงแผ่นดินไหวได้ตามมาตรฐานสากลก็ควรพิจารณาประเมินและเสริมกำลังโครงสร้างของอาคารให้แข็งแรงขึ้น

2.6.1 ข้อพิจารณาในการปรับปรุงอาคาร

โดยทั่วไปแล้วอาคารที่เสียหายจากแผ่นดินไหวเป็นผลสืบเนื่องมาจากการสั่นสะเทือนหรือการโยกตัวกลับไปกลับมาของอาคารอย่างรุนแรง ดังนั้นการปรับปรุงอาคารจึงมุ่งเน้นที่จะลดขนาดของการสั่นสะเทือนหรือยอมให้อาคารเกิดการโยกตัวได้แต่อาคารจะต้องไม่เกิดการพังทลายโดยปัจจัยสำคัญที่ใช้ประกอบในการพิจารณาเสริมความมั่นคงแข็งแรงของอาคารมี 4 ข้อ ดังนี้

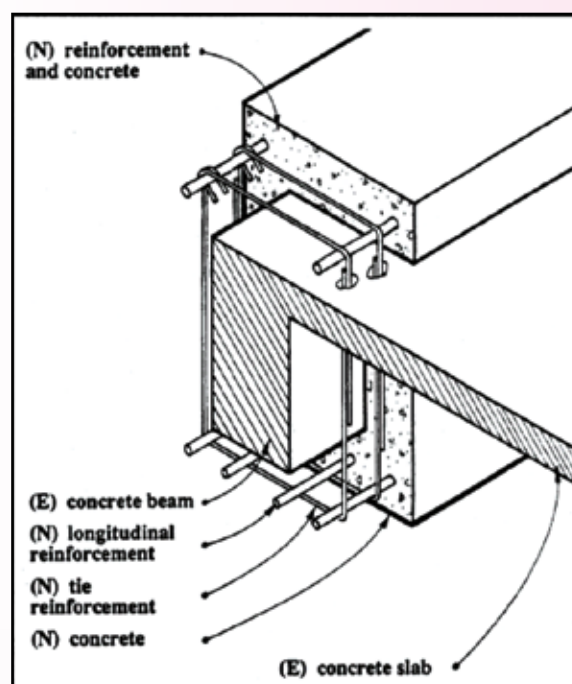
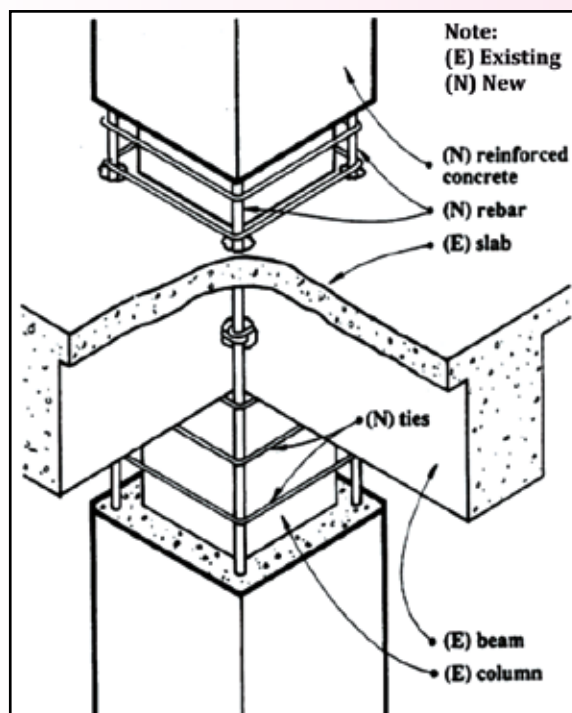
- (1) ค่าใช้จ่าย งบประมาณเป็นปัจจัยสำคัญในการเลือกวิธีการปรับปรุงอาคาร
- (2) สภาพการใช้สอยของอาคาร การเสริมความมั่นคงแข็งแรงของอาคารบางวิธีมีผลกระทบต่อการใช้สอยของอาคาร เช่น การเสริมความมั่นคงโดยใช้โครงแกนแข็งยึดโยงหัวเสาไม่ควรเป็นอุปสรรคต่อการเข้าถึงอาคารหรือจากการอพยพหนีไฟ
- (3) ความสวยงามของอาคารระหว่างและภายหลังการเสริมความมั่นคงแข็งแรง
- (4) ระดับความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของอาคาร หากอาคารตั้งอยู่ในพื้นที่ที่มีระดับความเสี่ยงสูง เช่น บริเวณใกล้รอยเลื่อนในภาคเหนือ ก็ต้องได้รับการเสริมความมั่นคงแข็งแรงในระดับที่สูงกว่า

2.6.2 วิธีการปรับปรุงอาคาร

การปรับปรุงอาคารต้องมีการประเมิน ออกแบบ และกำหนดรายละเอียดโดยวิศวกรผู้ชำนาญการ ซึ่งวิธีการเสริมความมั่นคงแข็งแรงของอาคารที่มีอยู่แล้วให้มีความสามารถต้านทานแรงสั่นสะเทือนได้มีหลายวิธี ได้แก่

- (1) การเสริมกำลังให้ระบบต้านแรงด้านข้างที่มีอยู่แล้ว

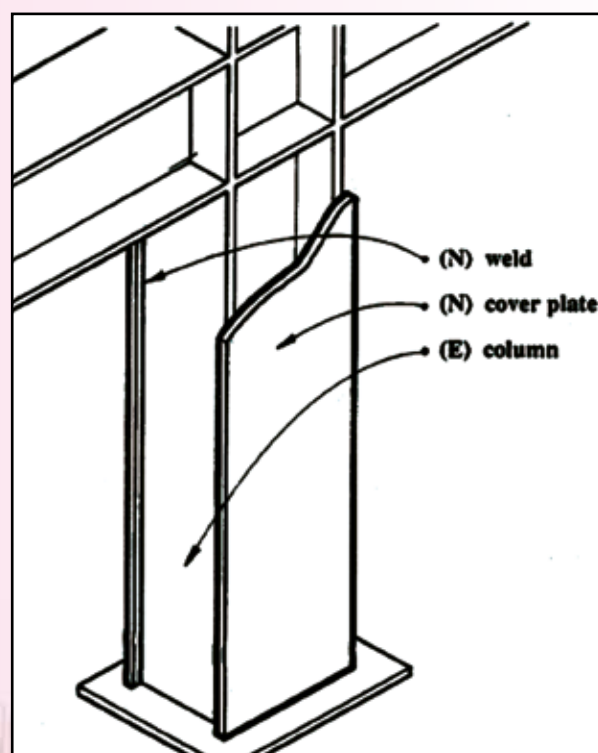
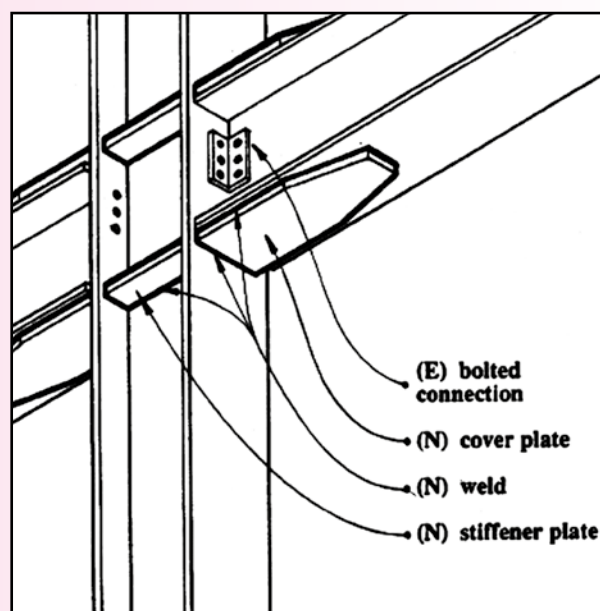
การเสริมกำลังวิธีนี้เป็นการเสริมให้ระบบต้านแรงด้านข้างของอาคารที่มีอยู่แล้วให้มีความสามารถต้านทานแรงสั่นสะเทือนที่สูงขึ้น โดยการเสริมกำลังขึ้นกับประเภทของระบบต้านแรงด้านข้าง เช่น หากเป็นโครงต้านแรงดัดคอนกรีตเสริมเหล็กก็อาจเสริมกำลังของเสาและคานที่เป็นส่วนของโครงต้านแรงดัดคอนกรีตเสริมเหล็กโดยการพอกคอนกรีตหุ้มขึ้นส่วนเดิม (Jacketing) ดังแสดงในรูปที่ 16 สำหรับโครงต้านแรงดัดเหล็กรูปพรรณสามารถทำได้โดยการเสริมกำลังรับแรงดัดให้ข้อต่อโดยใช้แผ่นเหล็ก หรือการเสริมกำลังให้กับชิ้นส่วนโดยใช้แผ่นเหล็กประกบข้าง ดังแสดงในรูปที่ 17



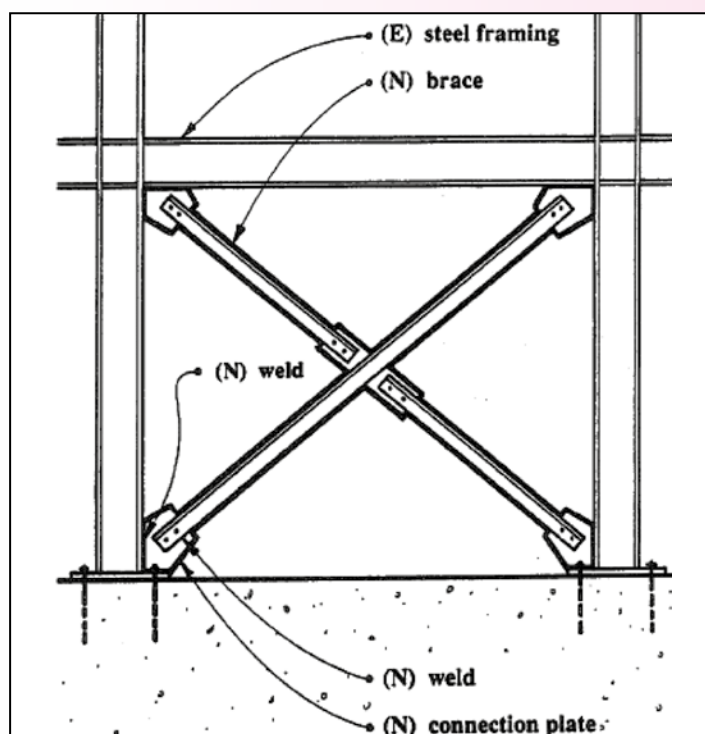
รูปที่ 16 : การเสริมกำลังโครงสร้างต้านแรงดัดคอนกรีตเสริมเหล็กโดยการพอกคอนกรีตหุ้มชิ้นส่วนเดิม
(ที่มา : เอกสารอ้างอิงหมายเลข 5)

(2) การเพิ่มระบบต้านแรงด้านข้าง

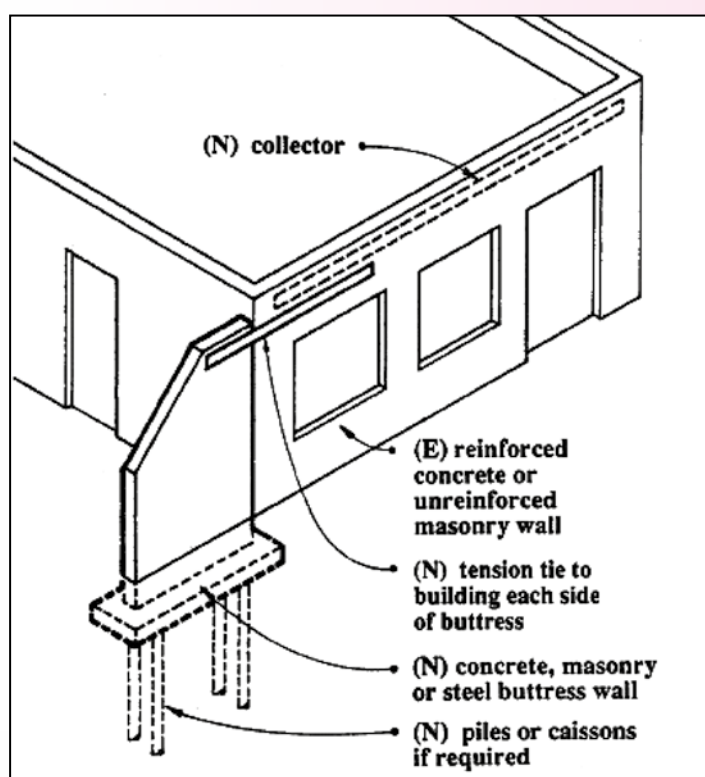
การเพิ่มระบบต้านแรงด้านข้างเป็นอีกวิธีหนึ่งที่ใช้ในการปรับปรุงอาคาร ตัวอย่างได้แก่ การเพิ่มโครงแกนแนหรือกำแพงรับแรงเฉือน เพื่อเพิ่มความสามารถในการรับแรงสั่นสะเทือนให้กับอาคาร ดังแสดงในรูปที่ 18



รูปที่ 17 : การเสริมกำลังโครงต้านแรงดัดเหล็กรูปพรรณโดยการใช้แผ่นเหล็กประกบ
(ที่มา : เอกสารอ้างอิงหมายเลข 5)



การเพิ่มแกนงหรือการยึดโยง (Bracing)



การเพิ่มกำแพงรับแรงเฉือน

รูปที่ 18 : การเพิ่มระบบต้านแรงด้านข้าง
(ที่มา : เอกสารอ้างอิงหมายเลข 5)

(3) การเสริมความแข็งแรงให้กับฐานรากอาคาร

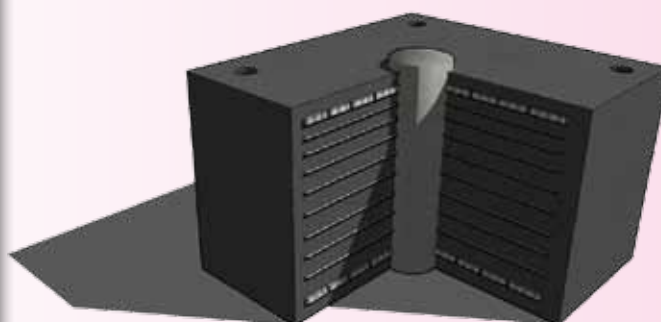
ในการปรับปรุงอาคารนอกจากการเพิ่มความสามารถในการรับแรงด้านข้างของโครงสร้างแล้ว ยังต้องคำนึงถึงการส่งถ่ายแรงแผ่นดินไหวจากโครงสร้างอาคารส่วนบนเข้าสู่ฐานราก ในกรณีที่ฐานรากใช้ระบบเสาเข็มจะต้องคำนึงถึงการส่งถ่ายแรงแผ่นดินไหวจากฐานรากเข้าสู่เสาเข็มด้วย อีกทั้งความสามารถในการรับแรงด้านข้างของเสาเข็มแต่ละต้น รวมถึงปริมาณเหล็กเสริมในเสาเข็มที่ฝังอยู่ในฐานรากด้วย ตัวอย่างการเสริมความแข็งแรงให้กับฐานรากอาคารได้แก่ การเจาะเข็มเพิ่มเพื่อขยายฐานราก และการปรับปรุงบริเวณข้อต่อต่างๆ ของฐานรากโดยการเสริมเหล็กเพิ่ม

(4) การใช้อุปกรณ์ควบคุมการสั่นสะเทือนของอาคาร

การใช้อุปกรณ์มีวัตถุประสงค์เพื่อลดแรงสั่นสะเทือนหรือการโยกตัวของอาคาร ปัจจุบันอุปกรณ์ดังกล่าวได้มีการใช้กันอย่างแพร่หลายในต่างประเทศที่มีความเสี่ยงต่อภัยแผ่นดินไหว เช่น อุปกรณ์สลายพลังงาน (Damper) อุปกรณ์ลดการส่งผ่านการสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหว (Base Isolator) เป็นต้น



(ก) ตัวอย่างการใช้อุปกรณ์สลายพลังงานกับอาคารที่ก่อสร้างแล้ว
รูปที่ 19 : การใช้อุปกรณ์ควบคุมการสั่นสะเทือนของอาคาร



(ข) ตัวอย่างการใช้อุปกรณ์ลดการส่งผ่านการสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหว

รูปที่ 19 : การใช้อุปกรณ์ควบคุมการสั่นสะเทือนของอาคาร (ต่อ)

(5) การเพิ่มความเหนียวให้กับระบบโครงสร้าง

การปรับปรุงอาคารให้โครงสร้างมีความเหนียวเพิ่มขึ้น เพื่อให้อาคารนั้นมีความสามารถในการโยกตัวภายใต้แรงแผ่นดินไหวที่ดีขึ้นโดยยังคงกำลังส่วนใหญ่ไว้ได้ วิธีการนี้ได้แก่ การพันข้อต่อและโครงสร้างด้วยแผ่นวัสดุคอมโพสิตเสริมเส้นใย (FRP) หรือวัสดุอื่นที่มีความเหนียว



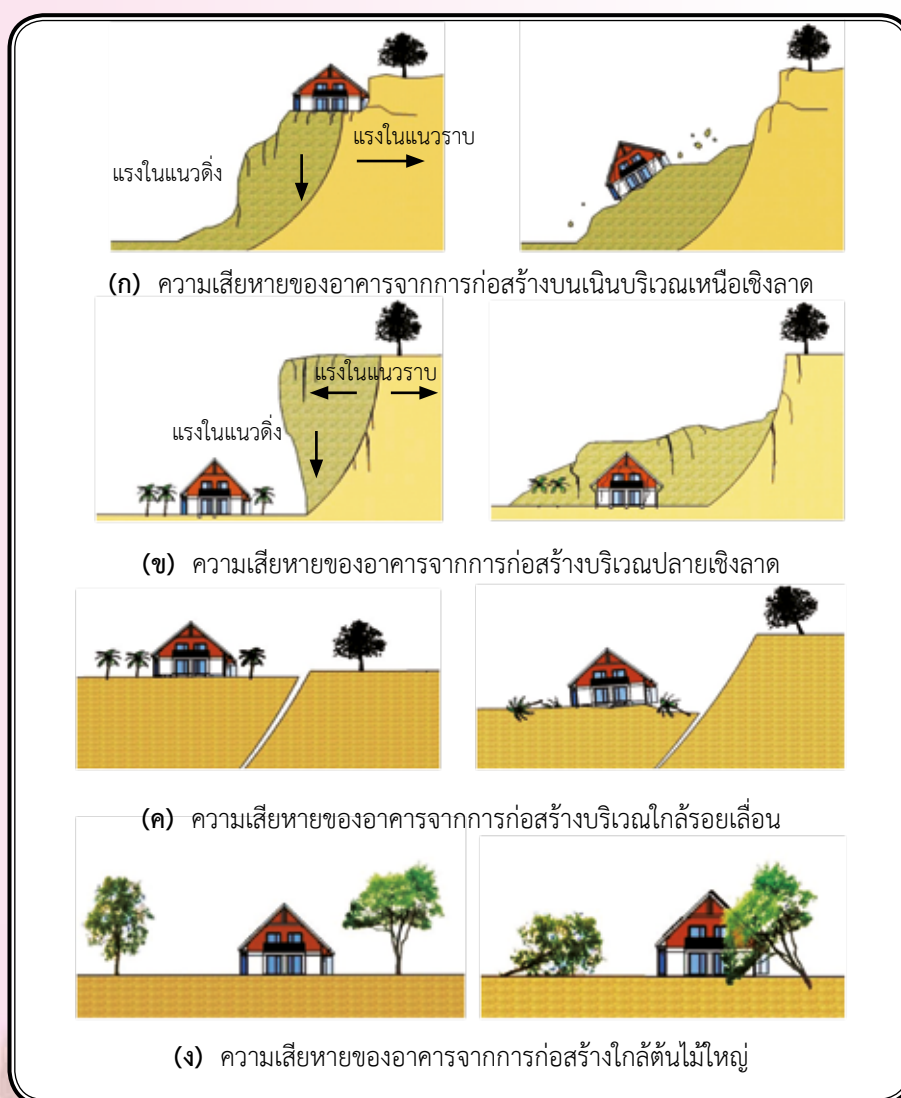
รูปที่ 20 : การพันข้อต่อและโครงสร้างด้วยแผ่นวัสดุคอมโพสิตเสริมเส้นใย (FRP)

3. ข้อเสนอแนะในการก่อสร้างบ้านพักอาศัยในพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหว

กฎหมายว่าด้วยการก่อสร้างอาคารในพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวไม่ได้บังคับให้การก่อสร้างบ้านพักอาศัยในพื้นที่เสี่ยงภัยที่มีความสูงไม่เกิน 15 เมตรต้องได้รับการออกแบบให้สามารถต้านทานแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหวได้ เนื่องจากไม่ต้องการจะเพิ่มภาระให้กับประชาชนในการที่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างอาคารสูงขึ้น อย่างไรก็ตามหากการก่อสร้างบ้านพักอาศัยดังกล่าวได้มีการให้รายละเอียดที่เหมาะสมเพิ่มเติมจากการออกแบบปกติแล้วจะทำให้สมรรถนะในการต้านแรงแผ่นดินไหวของบ้านดังกล่าวสูงขึ้นในระดับหนึ่ง โดยราคาค่าก่อสร้างจะสูงกว่าการก่อสร้างตามปกติเพียงเล็กน้อย ซึ่งรายละเอียดข้อแนะนำเพิ่มเติมจากการก่อสร้างตามปกติมีดังต่อไปนี้

3.1 ตำแหน่งที่ตั้งอาคาร

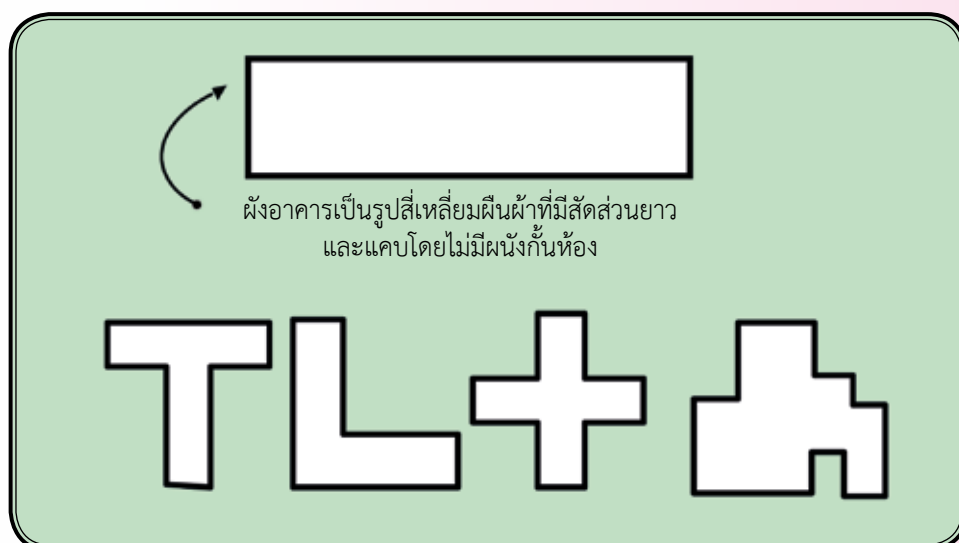
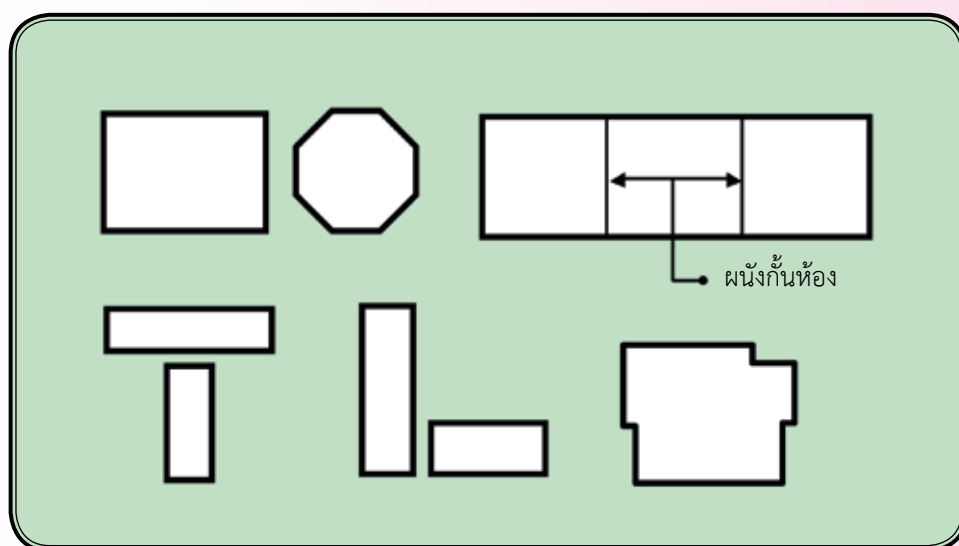
ไม่ควรก่อสร้างอาคารในบริเวณที่เสี่ยงต่อการวิบัติในรูปแบบต่างๆ เช่น การก่อสร้างในบริเวณเชิงลาด การก่อสร้างในบริเวณใกล้แนวรอยเลื่อน หรือการก่อสร้างใกล้กับต้นไม้ใหญ่ เป็นต้น



รูปที่ 21 : ตำแหน่งที่ตั้งอาคารที่เสี่ยงต่อการวิบัติในรูปแบบต่างๆ
(ที่มา : เอกสารอ้างอิงหมายเลขที่ 4)

3.2 รูปทรง ลักษณะ และสัดส่วนของอาคาร

รูปทรง ลักษณะ และสัดส่วนของอาคารในพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวควรเป็นแบบที่เรียบง่าย สมมาตร และสม่ำเสมอ เช่น อาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า รูปทรงกลม เป็นต้น ควรหลีกเลี่ยงอาคารที่มีมุมหัก หรืออาคารที่มีการเปลี่ยนแปลงขนาดของระบบโครงสร้างอย่างกะทันหัน



รูปที่ 22 : ตัวอย่างของผังอาคารที่เหมาะสมและไม่เหมาะสมสำหรับการก่อสร้างอาคารในพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหว

3.3 ช่องเปิดของอาคาร

ขนาดและตำแหน่งของช่องเปิดที่ไม่เหมาะสมอาจทำให้โครงสร้างมีพฤติกรรมที่ไม่พึงปรารถนา เช่น การเกิดพฤติกรรมการวิบัติของเสาสั้น หรืออาคารบางส่วนมีการเคลื่อนตัวมากเกินไป



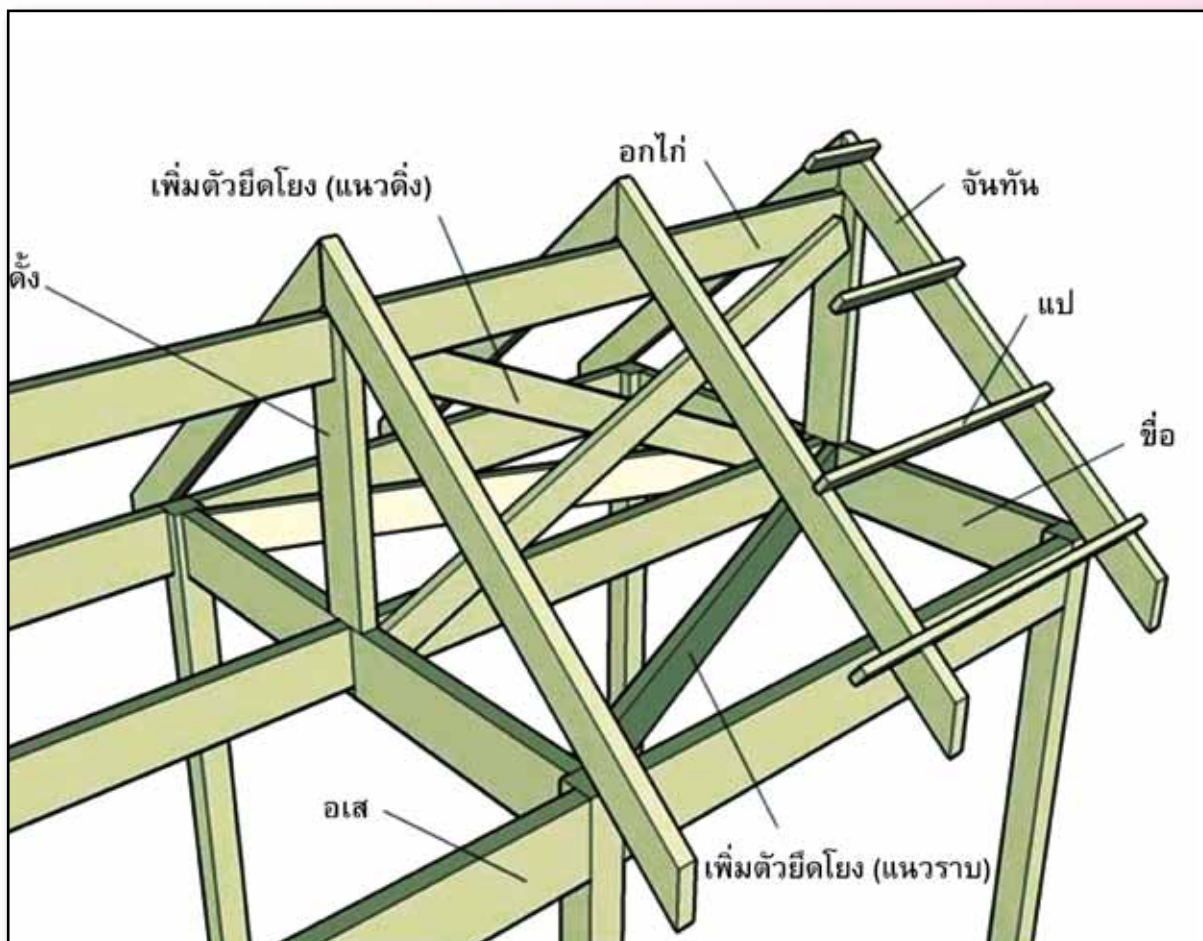
รูปที่ 23 : ขนาดและตำแหน่งของช่องเปิดที่เหมาะสมและไม่เหมาะสมสำหรับการก่อสร้างอาคารในพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหว (ที่มา : เอกสารอ้างอิงหมายเลขที่ 4)

3.4 ระบบโครงสร้าง

ระบบโครงสร้างจะต้องมีความมั่นคงแข็งแรง เมื่อเกิดการสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหว ส่วนต่างๆ ของโครงสร้างจะต้องสามารถโยกตัวไปพร้อมๆ กันทั้งหลังได้ ข้อต่อหรือส่วนต่อของแต่ละส่วนต้องมีความมั่นคงแข็งแรง ตลอดจนมีการยึดโยง (Bracing) โครงสร้างที่เหมาะสม

3.5 โครงหลังคา

การยึดส่วนต่างๆ ของโครงหลังคา ไม่ว่าจะเป็นหลังคา แบบ จันทัน ออกไก่ หรืออเส จะต้องมีการยึดอย่างมั่นคง นอกจากนี้ควรทำการยึดโยง (Bracing) โครงหลังคาให้มีเสถียรภาพในการต้านทานแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหว

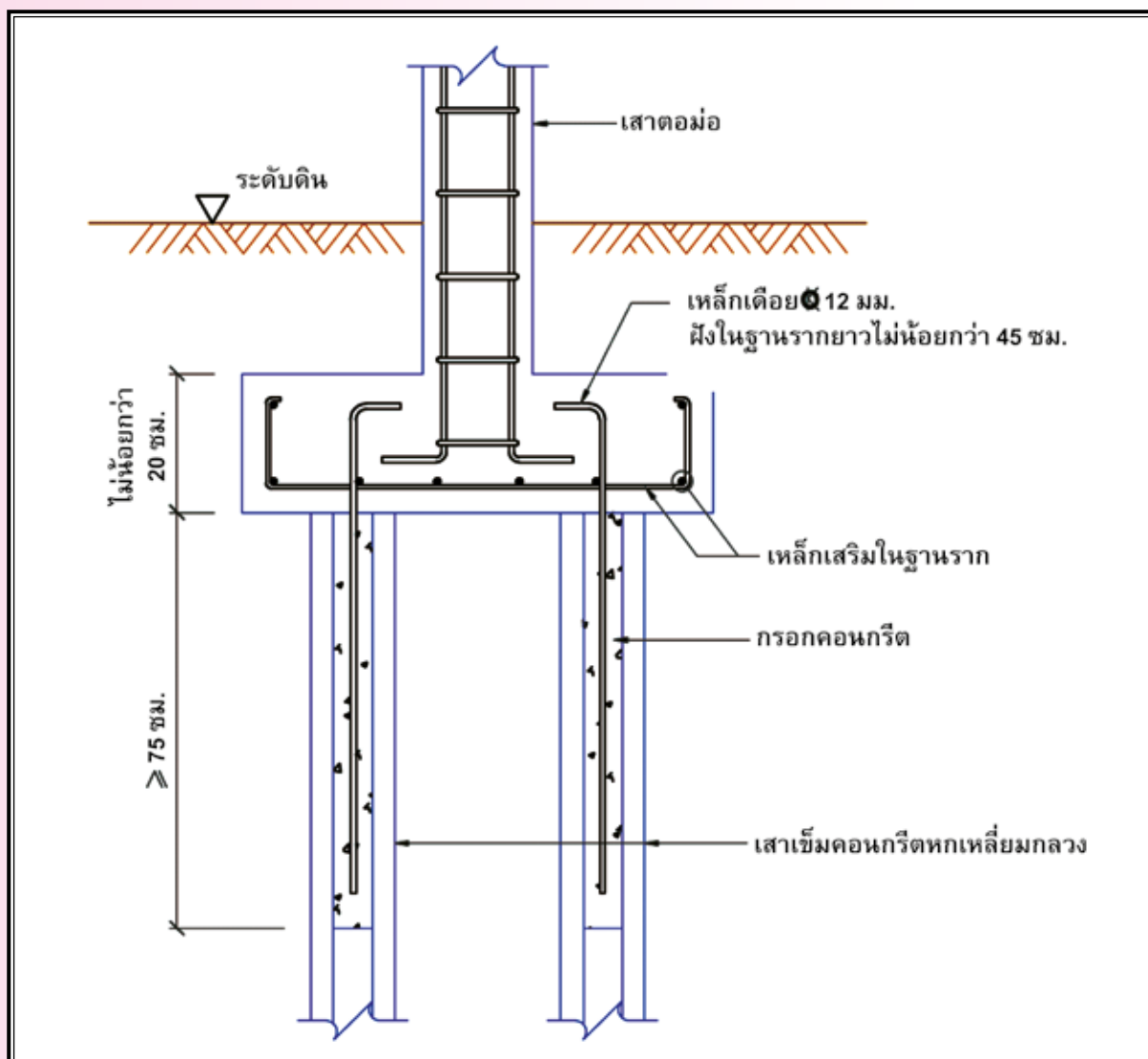


รูปที่ 24 : ตัวอย่างการยึดโยงในแนวราบเพื่อให้โครงหลังคามีเสถียรภาพในการต้านทานแรงสั่นสะเทือน

3.6 รายละเอียดของโครงสร้างอาคารส่วนต่างๆ

(1) ฐานราก

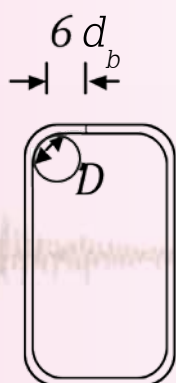
กรณีที่ใช้ฐานรากแผ่ ฐานรากดังกล่าวจะต้องตั้งอยู่บนชั้นดินเดิมที่มีกำลังแบกทานสูง แต่หากใช้ฐานรากเสาเข็มต้องมีการเชื่อมยึดที่เพียงพอระหว่างฐานรากและเสาเข็ม และคำนึงถึงความสามารถในการรับแรงด้านข้างของเสาเข็มแต่ละต้นด้วย



รูปที่ 25 : ตัวอย่างรายละเอียดการเชื่อมยึดระหว่างฐานรากและเสาเข็ม

(2) เสา

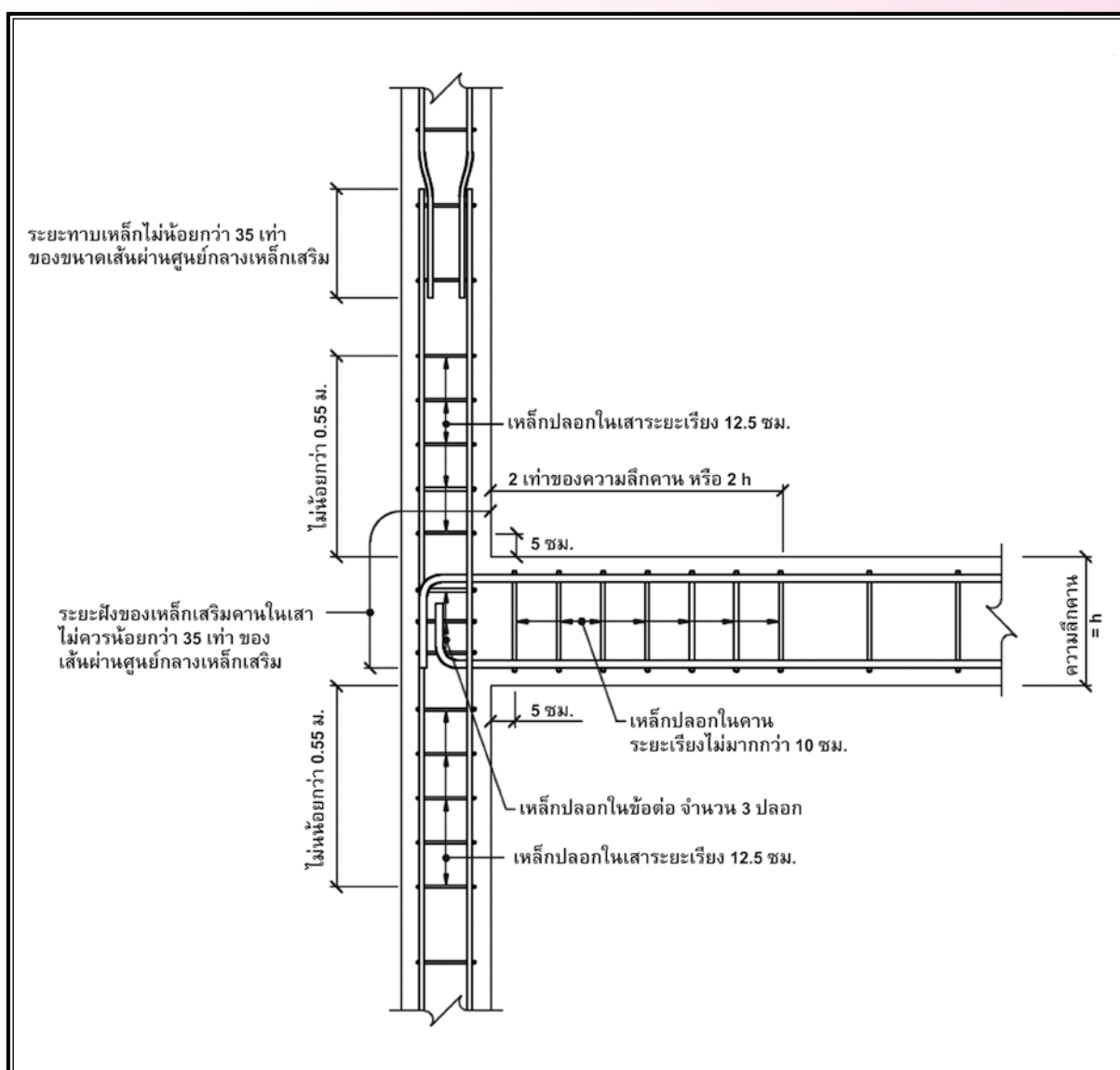
สำหรับบ้านพักอาศัยคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีขนาดเล็กและสูงไม่เกิน 2 ชั้น ขนาดของเสาไม่ควรน้อยกว่า 20 เซนติเมตร และพื้นที่หน้าตัดเหล็กเสริมตามยาวของเสาไม่ควรน้อยกว่า 0.01 และไม่ควรมากกว่า 0.06 ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดของเสาและของข้อของเหล็กปลอกให้มีส่วนปลายยื่นไม่น้อยกว่า 6 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางเหล็กปลอก แต่ทั้งนี้ต้องไม่น้อยกว่า 5 เซนติเมตร



รูปที่ 26 : รายละเอียดของข้อของเหล็กปลอกเดี่ยว

(3) ข้อต่อระหว่างเสาและคาน

เหล็กเสริมตามขวางหรือเหล็กปลอกของเสาและคานจะต้องมีปริมาณเพียงพอในบริเวณข้อต่อระหว่างเสาและคานที่จะรัดรอบแกนคอนกรีต ทั้งนี้เพื่อให้เกิดความเหนียวและสามารถต้านทานแรงเฉือนที่เกิดขึ้นจากแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหวได้ โดยระยะเรียงของเหล็กปลอกในเสาและในคานบริเวณข้อต่อดังกล่าวไม่ควรเกิน 10 เซนติเมตร และควรเพิ่มเหล็กปลอกในข้อต่ออีก 3 ปลอก



รูปที่ 27 : ตัวอย่างรายละเอียดการเสริมเหล็กบริเวณข้อต่อระหว่างเสาและคาน

4. แนวทางการตรวจพิจารณาออกใบอนุญาตก่อสร้างอาคารในพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหว

เอกสารในส่วนนี้เป็นการเสนอแนะแนวทางการปฏิบัติประกอบการตรวจพิจารณาออกใบอนุญาตก่อสร้างอาคารในพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวสำหรับเจ้าพนักงานท้องถิ่น เพื่อให้การพิจารณาในเรื่องดังกล่าวเป็นไปอย่างถูกต้องและเป็นไปในแนวทางเดียวกัน นอกจากนี้ผู้ปฏิบัติที่เกี่ยวข้อง เช่น วิศวกรผู้ออกแบบและคำนวณโครงสร้างอาคารสามารถนำไปประยุกต์ใช้ประกอบการปฏิบัติได้ สำหรับเนื้อหาจะครอบคลุมถึงเฉพาะส่วนที่ต้องพิจารณาเพิ่มเติมจากการพิจารณาออกใบอนุญาตก่อสร้างอาคารทั่วไปเท่านั้น ส่วนข้อพิจารณาในส่วนอื่นให้เป็นไปตามแนวทางการปฏิบัติที่ใช้กันทั่วไป

4.1 ความหมายของคำที่เกี่ยวข้อง

“แบบแปลน” หมายถึง แบบเพื่อประโยชน์ในการก่อสร้าง ดัดแปลง รื้อถอน เคลื่อนย้าย ใช้หรือเปลี่ยนการใช้อาคาร โดยมีรูปแสดงรายละเอียดส่วนสำคัญ ขนาดเครื่องหมายวัสดุและการใช้สอยต่างๆ ของอาคารอย่างชัดเจนพอที่จะใช้ในการดำเนินการได้ (มาตรา 4 แห่งพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522)

“รายการประกอบแบบแปลน” หมายถึง ข้อความชี้แจงรายละเอียดเกี่ยวกับคุณภาพและชนิดของวัสดุ ตลอดจนวิธีปฏิบัติหรือวิธีการสำหรับการก่อสร้าง ดัดแปลง รื้อถอน เคลื่อนย้าย ใช้หรือเปลี่ยนการใช้อาคารเพื่อให้เป็นไปตามแบบแปลน (มาตรา 4 แห่งพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522)

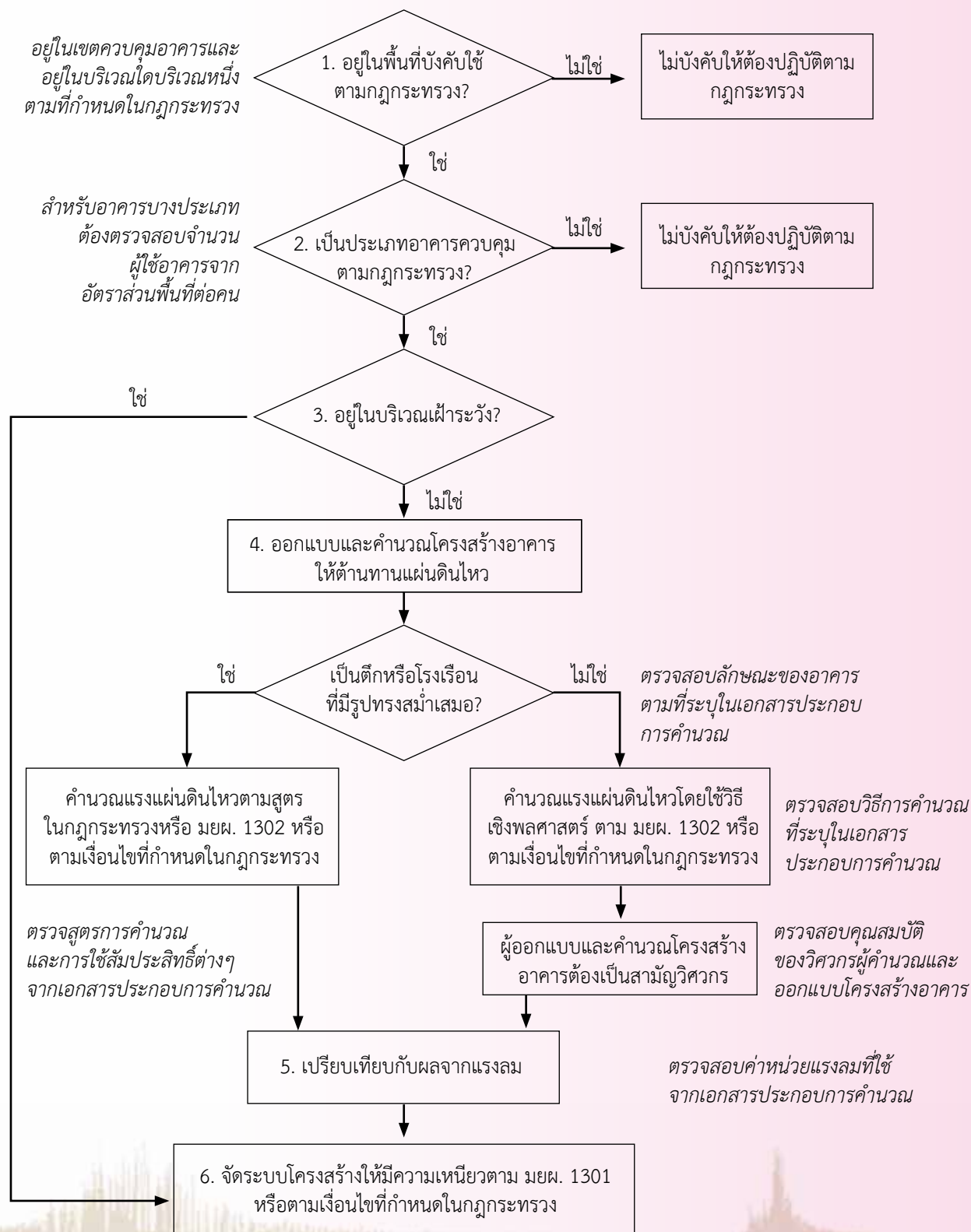
“รายการคำนวณ” หมายถึง รายการแสดงวิธีการคำนวณกำลังของวัสดุ การรับน้ำหนัก และกำลังต้านทานของส่วนต่างๆ ของอาคาร (มาตรา 4 แห่งพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522)

4.2 เอกสารประกอบการคำนวณ

เนื่องจากมาตรา 28 แห่งพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 ได้บัญญัติว่า “ในกรณีที่แบบแปลน รายการประกอบแบบแปลน และรายการคำนวณที่ยื่นมาพร้อมกับคำขอรับใบอนุญาตกระทำโดยผู้ที่ได้รับใบอนุญาตให้เป็นผู้ประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุมตามกฎหมายว่าด้วยวิศวกร ให้เจ้าพนักงานท้องถิ่นตรวจพิจารณาแต่เฉพาะในส่วนที่ไม่เกี่ยวกับรายการคำนวณ” ซึ่งอาคารควบคุมตามกฎหมายว่าด้วยวิศวกรครอบคลุมทั้งหมดยกเว้นเป็นประเภทหรือขนาดของงานวิชาชีพวิศวกรรมควบคุมสาขาวิศวกรรมควบคุมสาขาวิศวกรรมโยธาตามที่กำหนดในกฎกระทรวงกำหนดสาขาวิชาชีพวิศวกรรมและวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม ออกตามความในพระราชบัญญัติวิศวกร พ.ศ. 2542 ทำให้เจ้าพนักงานท้องถิ่นไม่สามารถตรวจพิจารณาในส่วนที่เกี่ยวกับรายการคำนวณได้ ดังนั้น กรมโยธาธิการและผังเมืองจึงจัดทำเอกสารประกอบการคำนวณ (แสดงในภาคผนวก) เพื่อใช้ประกอบการตรวจพิจารณาของเจ้าพนักงานท้องถิ่น โดยผู้ออกแบบและคำนวณโครงสร้างจะต้องระบุถึงเกณฑ์การออกแบบและคำนวณโครงสร้างอาคารที่ต้องถือปฏิบัติให้เป็นไปตามข้อกำหนดในกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคารในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้างอาคารในพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหว

4.3 แนวทางการตรวจพิจารณา

แนวทางในการตรวจพิจารณาแสดงในแผนภูมิขั้นตอนการตรวจพิจารณาของเจ้าพนักงานท้องถิ่นและมีรายละเอียดของแต่ละกระบวนการ ดังต่อไปนี้



รูปที่ 28 กระบวนการตรวจพิจารณาของเจ้าพนักงานท้องถิ่นที่เพิ่มเติมจากกระบวนการทั่วไป

(1) การตรวจทานเกี่ยวกับบริเวณที่ตั้งอาคาร

การตรวจทานในขั้นตอนนี้เป็นการทบทวนความเข้าใจของผู้คำนวณและออกแบบโครงสร้างเกี่ยวกับบริเวณที่ตั้งอาคารว่าอยู่ในบริเวณใด เนื่องจากผลกระทบจากแผ่นดินไหวของอาคารในแต่ละบริเวณจะแตกต่างกัน จึงกำหนดให้ผู้คำนวณและออกแบบดังกล่าวระบุว่าที่ตั้งอาคารอยู่ในพื้นที่บังคับใช้ตามกฎหมายกระทรวงบริเวณใด

(2) การตรวจประเภทอาคารควบคุม

สำหรับอาคารบางประเภท กฎกระทรวงได้ระบุจำนวนผู้ใช้อาคารด้วย เช่น อาคารสาธารณะที่มีผู้ใช้อาคารได้ตั้งแต่สามร้อยคนขึ้นไป ซึ่งการตรวจสอบจำนวนผู้ใช้อาคารดังกล่าวสามารถคำนวณได้จากอัตราส่วนพื้นที่ต่อคนของแต่ละประเภทกิจการการใช้อาคาร หากอาคารหลังหนึ่งมีกิจการการใช้อาคารเกินกว่า 1 กิจการ ให้คำนวณแยกตามประเภทกิจการการใช้อาคารในตารางข้างล่าง แล้วนำมารวมกัน

ตารางแสดงอัตราส่วนพื้นที่ต่อคนในแต่ละประเภทกิจการการใช้อาคาร

ประเภทกิจการการใช้อาคาร	อัตราส่วนพื้นที่ต่อคน (ตารางเมตรต่อคน)
พื้นที่สำนักงาน	10.0
อาคารพาณิชย์กรรม	
- พื้นที่ชั้นใต้ดินและชั้นระดับพื้นดิน	2.8
- พื้นที่จัดเก็บสินค้าและรับ-ส่ง สินค้า	27.9
- พื้นที่ชั้นอื่น	5.6
สถานศึกษา	
- พื้นที่ห้องเรียน	1.9 สุทธิ
- ร้านค้าและห้องเรียนภาคปฏิบัติ	4.7 สุทธิ
สถานรับเลี้ยงเด็ก	3.3 สุทธิ
อาคารชุมนุม (พื้นที่เล่นเกม)	1.0
อาคารชุมนุมประเภทที่นั่งเคลื่อนย้ายได้	
- พื้นที่ความหนาแน่นมาก (มีเพียงเก้าอี้ และเคลื่อนย้ายได้)	0.7 สุทธิ
- พื้นที่ยืน	0.5 สุทธิ
- พื้นที่ที่มีความหนาแน่นน้อย (มีโต๊ะและเก้าอี้)	1.4 สุทธิ
โรงมหรสพ	
- มีการจัดที่นั่งคนดู	เท่ากับจำนวนที่นั่ง
- ไม่มีการจัดที่นั่งคนดู	0.6
สถานบริการ	
- พื้นที่จัดคอนเสิร์ตแบบยืน พื้นที่รอเข้าใช้บริการ	0.45
- พื้นที่ใช้ในการเดินร่า รำวง	0.65
- ไนต์คลับ บาร์	1.0
- สถานอาบน้ำ นวด หรืออบตัว	2 คนต่อจำนวนห้อง หรือเตียงที่ให้บริการ

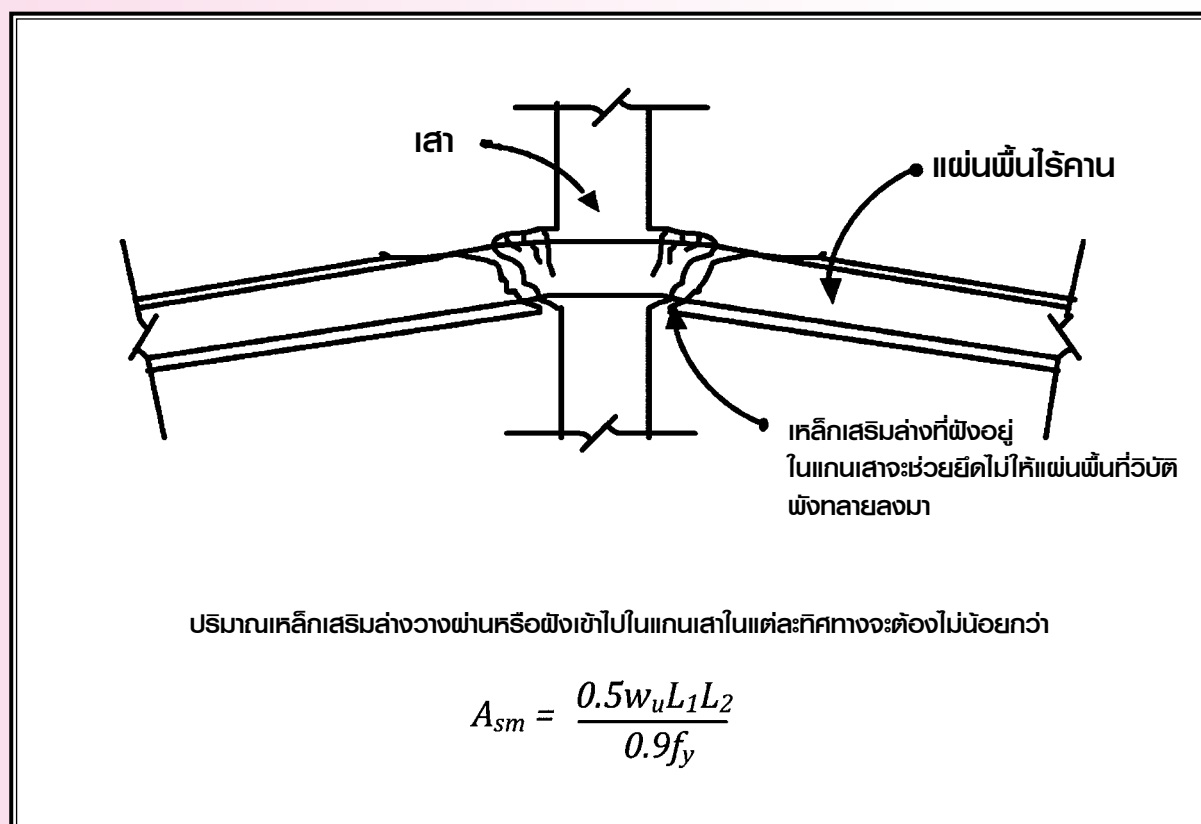
ประเภทกิจการการใช้อาคาร	อัตราส่วนพื้นที่ต่อคน (ตารางเมตรต่อคน)
ภัตตาคาร ห้องอาหาร ห้องจัดเลี้ยง หรือพื้นที่จำหน่ายอาหาร และเครื่องดื่ม	1.5
ห้องครัว	10.0
ห้องสมุด	
- ห้องอ่านหนังสือ	4.7 สุทธิ
- ห้องเก็บหนังสือ	9.3
พื้นที่พักอาศัย	18.6
หอพักนักศึกษา	4.7
สถานพยาบาล	
- พื้นที่สำหรับผู้ป่วยใน	22.3
- พื้นที่สำหรับผู้ป่วยนอก	9.3
- พื้นที่นอน	11.2
คลังสินค้า	46.5
พื้นที่จอดรถ	18.6
โรงงานอุตสาหกรรม	9.3
อาคารเพื่อการเกษตร	27.9
พื้นที่ใช้ย่อยเก็บของ และห้องเครื่อง	27.9
ห้องออกกำลังกาย	4.7
ห้องตู้เก็บของและเปลี่ยนเสื้อผ้า	4.7
เวทีและลานแสดง	1.5 สุทธิ

หมายเหตุ

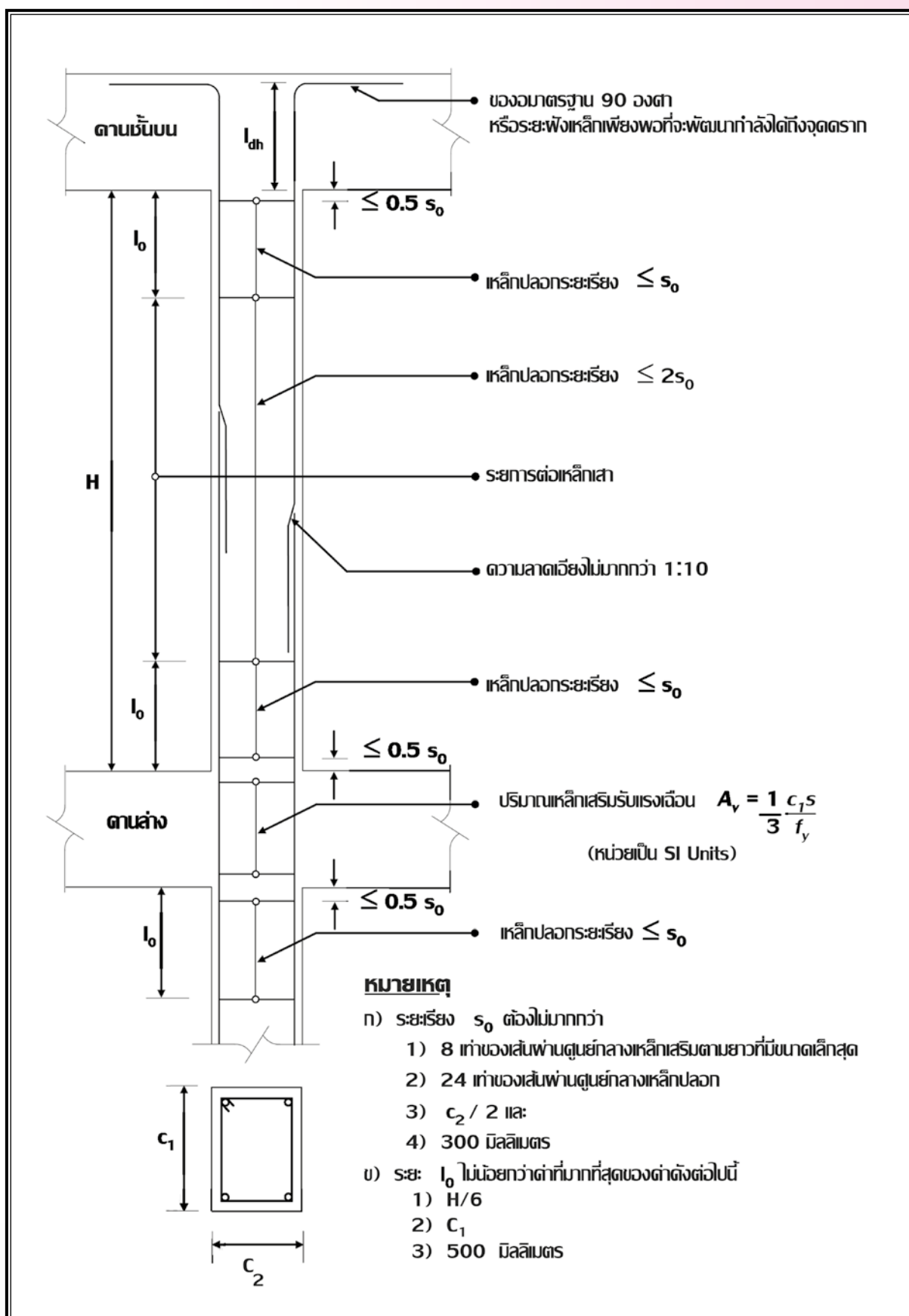
- พื้นที่ในตารางจะเป็นการระบุพื้นที่รวม (Gross) ยกเว้นที่ระบุท้ายตัวเลขว่า “สุทธิ” จะเป็นพื้นที่
ชั้นสุทธิ (Net) ซึ่งเป็นพื้นที่ใช้สอยจริง โดยไม่รวมพื้นที่ที่ไม่ใช้งาน เช่น ช่องบันได ทางเดิน ห้องน้ำ
ห้องเครื่อง ตู้ฝ้าผนัง เป็นต้น
- “พื้นที่รวม” (Gross Floor Area) หมายถึง พื้นที่ของอาคารที่อยู่ภายในขอบเขตของผนัง
ภายนอกอาคาร โดยให้รวมถึงพื้นที่ของช่องทางเดินช่องบันได ตู้ ความหนาของผนังภายใน
เสาหรือส่วนของโครงสร้างที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน ทั้งนี้ให้รวมถึงพื้นที่ของอาคารที่ไม่มีผนัง
ภายนอกอาคารล้อมรอบ แต่อยู่ภายใต้หลังคาคลุมหรืออยู่ใต้พื้นชั้นถัดไปด้วย แต่ไม่รวมถึง
ช่องทอที่ไม่มีช่องเปิดหรือลานภายในอาคาร
- “พื้นที่สุทธิ” (Net Floor Area) หมายถึง พื้นที่สำหรับการใช้สอยจริง แต่ไม่รวมถึงพื้นที่ประกอบ
การใช้สอย เช่น ช่องทางเดิน ช่องบันได ห้องน้ำ ห้องเครื่อง และตู้ฝ้าผนัง เป็นต้น

(3) การตรวจสอบกรณีอาคารตั้งอยู่ในบริเวณเฝ้าระวัง

อาคารตั้งอยู่ในบริเวณเฝ้าระวังวิศวกรผู้ออกแบบและคำนวณโครงสร้างอาคารไม่จำเป็นต้องคำนวณผลของแรงสั่นสะเทือนที่มีต่ออาคาร แต่ต้องกำหนดรายละเอียดของชิ้นส่วนและรอยต่อระหว่างปลายชิ้นส่วนต่างๆ ให้มีความเหนียวตามมาตรฐานประกอบการออกแบบอาคารเพื่อต้านทานแผ่นดินไหวของกรมโยธาธิการและผังเมือง หรือ มยผ. 1301 (อย่างน้อยต้องปฏิบัติตามข้อกำหนดเกี่ยวกับการเสริมเหล็กในเสา และหากองค์อาคารเป็นแผ่นพื้นสองทางแบบไร้คานจะต้องเสริมเหล็กกลางฝังกเข้าไปในแกนเสาเพื่อป้องกันการวิบัติอย่างต่อเนื่องด้วย)



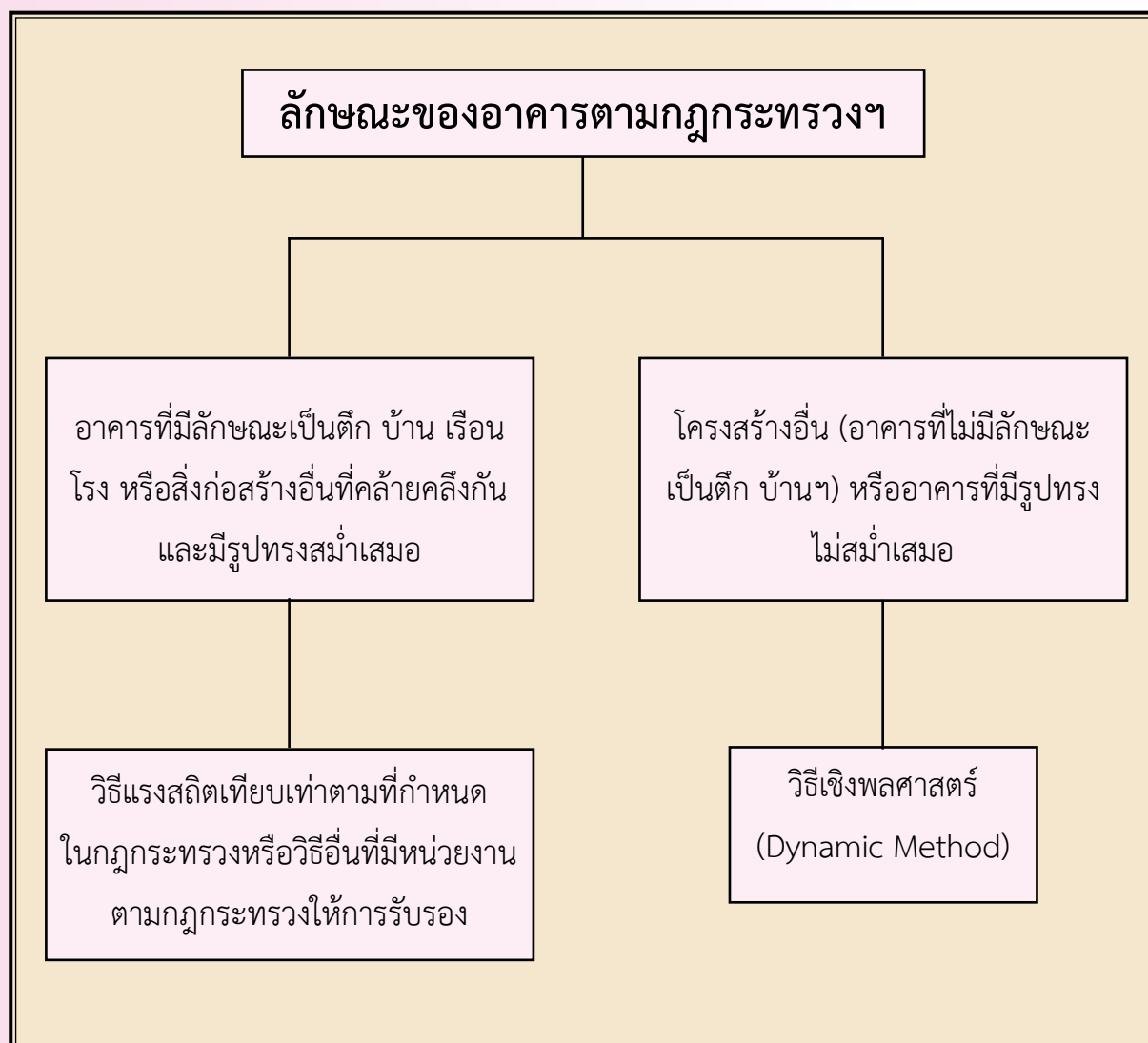
รูปที่ 29 รายละเอียดการเสริมเหล็กป้องกันการพังทลายอย่างต่อเนื่องของแผ่นพื้นไร้คาน
ตามมาตรฐาน มยผ. 1301



รูปที่ 30 รายละเอียดการเสริมเหล็กในเสาตามมาตรฐาน มยพ. 1301

(4) การตรวจวิธีการคำนวณแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว :

สำหรับอาคารที่ตั้งอยู่ในบริเวณที่ 1 และบริเวณที่ 2 วิศวกรผู้ออกแบบและคำนวณโครงสร้างอาคาร ต้องคำนวณผลของแรงสั่นสะเทือนที่มีต่ออาคาร โดยกฎกระทรวงได้กำหนดเงื่อนไขการคำนวณแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหวตามลักษณะของอาคารที่แยกออกเป็น 2 กลุ่ม โดยมีรายละเอียด ดังนี้

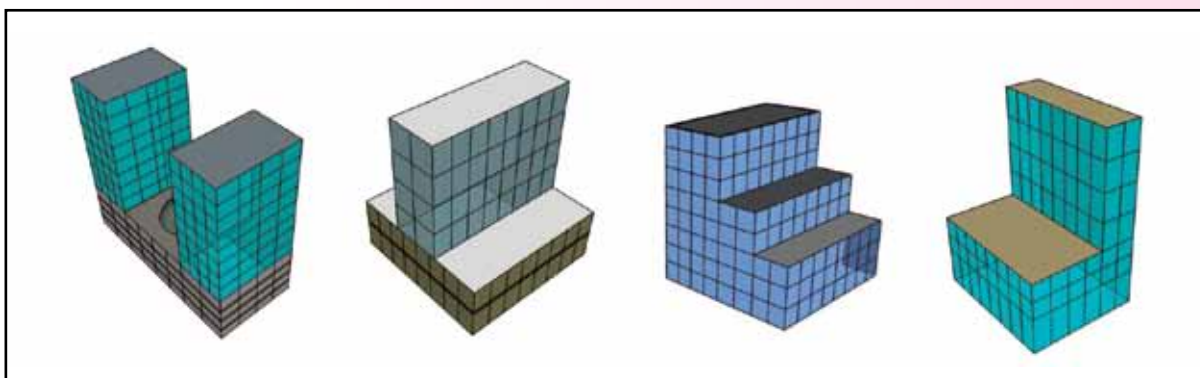


การกำหนดวิธีการคำนวณแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหวตามกลุ่มอาคารที่มีลักษณะต่างๆ

- 1) อาคารที่มีลักษณะเป็นตึก บ้าน เรือน โรง หรือสิ่งก่อสร้างอื่นที่คล้ายคลึงกัน และมีรูปทรงที่สม่ำเสมอ การคำนวณแรงสั่นสะเทือนให้ใช้วิธีตามที่กำหนดในกฎกระทรวง หรือวิธีอื่นที่เป็นไปตามมาตรฐานว่าด้วยการออกแบบอาคารต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหวที่สภาวิศวกรรับรอง หรือที่จัดทำโดยส่วนราชการหรือนิติบุคคลซึ่งได้รับใบอนุญาตประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม ซึ่งมีวิศวกรระดับวุฒิวิศวกร สาขาวิศวกรรมโยธา ตามกฎหมายว่าด้วยวิศวกร เป็นผู้ให้คำแนะนำปรึกษา และลงลายมือชื่อรับรองวิธีการคำนวณนั้น (กฎกระทรวง ข้อ 6)

- 2) อาคารลักษณะอื่นหรืออาคารที่มีรูปทรงไม่สม่ำเสมอ การคำนวณให้ใช้วิธีการคำนวณเชิงพลศาสตร์ (Dynamic Method) หรือวิธีอื่นที่ตั้งอยู่บนพื้นฐานทางทฤษฎีเชิงพลศาสตร์ และผู้คำนวณออกแบบโครงสร้างต้องได้รับใบอนุญาตเป็นผู้ประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุมตั้งแต่ระดับสามัญวิศวกรขึ้นไป ซึ่งวิธีการคำนวณดังกล่าวต้องเป็นไปตามมาตรฐานว่าด้วยการออกแบบอาคารต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหวที่สภาวิศวกรรับรอง หรือที่จัดทำโดยส่วนราชการหรือนิติบุคคล ซึ่งได้รับใบอนุญาตประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม ซึ่งมีวิศวกรระดับวุฒิวิศวกร สาขาวิศวกรรมโยธา ตามกฎหมายว่าด้วยวิศวกร เป็นผู้ให้คำแนะนำปรึกษาและลงลายมือชื่อรับรองวิธีการคำนวณนั้น (กฎกระทรวง ข้อ 5)

สำหรับการการคำนวณโดยใช้วิธีการคำนวณเชิงพลศาสตร์ดังกล่าว ผู้ออกแบบและคำนวณโครงสร้างอาคารต้องเป็นผู้ได้รับใบอนุญาตเป็นผู้ประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุมตั้งแต่ระดับสามัญวิศวกรขึ้นไป



(ก) ตัวอย่างความไม่สม่ำเสมอทางเรขาคณิตของรูปทรงในแนวดิ่ง



(ข) ตัวอย่างความไม่สม่ำเสมอทางเรขาคณิตของรูปทรงในแนวราบ

รูปที่ 31 ตัวอย่างรูปทรงของอาคารที่ไม่สม่ำเสมอ

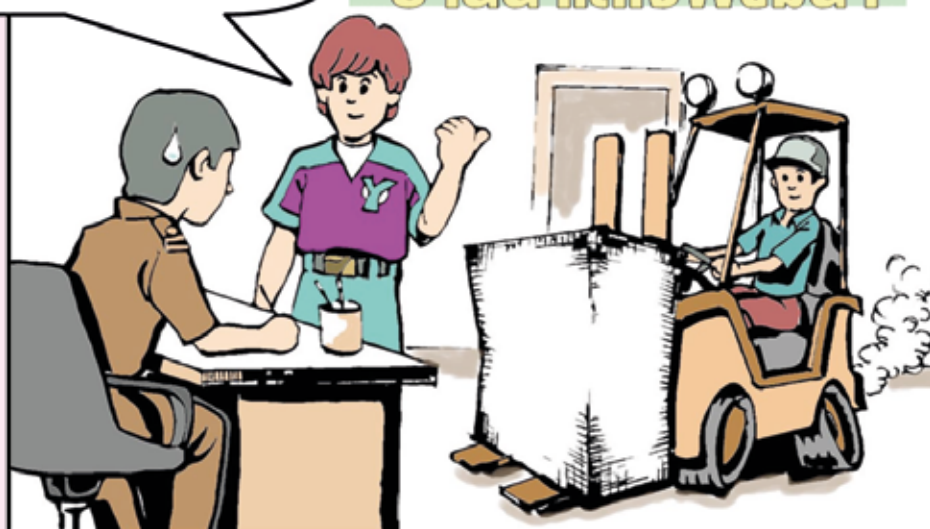
(5) การเปรียบเทียบกับผลจากแรงลม :

สำหรับอาคารที่จำเป็นต้องมีการคำนวณหน่วยแรงลมตามที่กำหนดในกฎกระทรวงฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2527) ๓ การออกแบบและคำนวณโครงสร้างอาคารในแต่ละชั้นส่วน ให้ใช้หน่วยแรงของผลจากแผ่นดินไหว หรือผลจากแรงลมตามที่กำหนดในกฎกระทรวง ฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2527) ๓ ที่มีต่อชั้นส่วนนั้น ค่าใดค่าหนึ่งที่สูงกว่า (กฎกระทรวงข้อ 4 วรรค 2)

(6) การตรวจสอบการจัดระบบโครงสร้างให้มีความเหนียว:

ผู้ออกแบบจะต้องจัดให้โครงสร้างทั้งระบบอย่างน้อยให้มีความเหนียวเทียบเท่าความเหนียวจำกัดตามมาตรฐาน มยผ. 1301 หรือมาตรฐานว่าด้วยการออกแบบอาคารต้านทานการสั่นสะเทือนที่สภาวิศวกรรับรอง

เอาแบบขออนุญาตที่คำนวณแผ่นดินไหวแล้ว
มาส่งครับ และขอทราบผลภายใน 45 วัน
แบบไม่ขยายเวลาได้อะเปล่า



เวทสารว่างอิง



เอกสารอ้างอิง

- (1) An Earthquake Preparedness Guide, National Disaster Management Division, Ministry of Home Affairs, New Delhi, India.
- (2) Disaster Prevention Handbook, Special Edition, Suita City, Japan, January 2006.
- (3) Earthquake Engineering, Consortium of Universities for Research in Earthquake Engineering, the San Francisco Department of Building Inspection, March 2006.
- (4) Guidelines for EQ Resistant Construction of Non-Engineered Rural and Suburban Masonry Houses in Cement Sand mortar in Earthquake Affected Areas, Earthquake Reconstruction and Rehabilitation Authority, Pakistan, May 2006.
- (5) Handbook of Techniques of the Seismic Rehabilitation of Existing Buildings, FEMA 172, Federal Emergency Management Agency, Washington, DC, 1992.
- (6) Homeowner's Guide to Earthquake Safety, California Seismic Safety Commission, Sacramento, California, 2005.
- (7) Nagoya University Students' Guide for Earthquake Disaster Preparedness, Disaster Management Office, Nagoya University, 2007.
- (8) Seismic Design Handbook, 2nd Edition, Farzad Naeim, International Conference of Building Officials (ICBO) and National Council of Structural Engineers Associations (NCSEA), 2001.
- (9) Seismic Design of Building Structures, 5th Edition, Lindeburg, M.R., Professional Publications, Belmont, California, 1990.
- (10) กฎกระทรวงกำหนดการรับน้ำหนัก ความต้านทาน ความคงทนของอาคารและพื้นดินที่รองรับอาคารในการต้านทานแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว พ.ศ. 2550 ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522
- (11) “กฎหมายควบคุมอาคารว่าด้วยการก่อสร้างอาคารในเขตที่อาจได้รับแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหว” ข่าวสารกรมโยธาธิการและผังเมืองฉบับที่ 9/2548 กรมโยธาธิการและผังเมือง พ.ศ. 2548
- (12) มยพ. 1301-54 : มาตรฐานประกอบการออกแบบอาคารเพื่อต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว สำนักควบคุมและตรวจสอบอาคาร กรมโยธาธิการและผังเมือง พ.ศ. 2554
- (13) มยพ. 1302-52 : มาตรฐานการออกแบบอาคารต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว สำนักควบคุมและตรวจสอบอาคาร กรมโยธาธิการและผังเมือง พ.ศ. 2552

ภาคผนวก



เอกสารประกอบรายการคำนวณเกี่ยวกับแผ่นดินไหว

เขียนที่ _____

วันที่ _____

ประกอบการยื่นขออนุญาต

☐ ก่อสร้างอาคาร☐ ดัดแปลงอาคาร

สำหรับเจ้าหน้าที่

เลขรับที่ _____

วันที่ _____

ลงชื่อ _____

หมายเหตุ ให้ใส่เครื่องหมาย ✓ ในช่อง ☐ หน้าข้อความที่ต้องการ หรือเติมข้อความในช่องว่าง

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1.1 ที่ตั้งของอาคาร

บ้านเลขที่		หมู่ที่		ตรอก/ซอย	
ถนน				ตำบล/แขวง	
อำเภอ/เขต				จังหวัด	

1.2 ลักษณะทางกายภาพ

(ก)	จำนวนชั้น	_____ ชั้น	ความสูง	_____ ม.	พื้นที่ก่อสร้างรวม	_____ ตร.ม.
(ข)	ประเภทวัสดุ					
	<input type="checkbox"/> ไม้		<input type="checkbox"/> คอนกรีตเสริมเหล็ก		<input type="checkbox"/> คอนกรีตอัดแรง	
	<input type="checkbox"/> เหล็กรูปพรรณ		<input type="checkbox"/> อื่น ๆ (โปรดระบุ) _____			
(ค)	โครงสร้างชั้นใต้ดิน					
	<input type="checkbox"/> ไม่มีโครงสร้างชั้นใต้ดิน		<input type="checkbox"/> มีโครงสร้างชั้นใต้ดิน (โปรดระบุจำนวนชั้น) _____ ชั้น			

ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับการออกแบบและคำนวณแผ่นดินไหว

2.1 บริเวณที่ตั้งอาคาร

อาคารตั้งอยู่ในบริเวณเสี่ยงภัยแผ่นดินไหว

☐ บริเวณเฝ้าระวัง☐ บริเวณที่ 1☐ บริเวณที่ 2

2.2 ประเภทอาคาร

☐ ไม่เป็นอาคารควบคุมตามกฎหมายกระทรวงฯ

☐ เป็นอาคารควบคุมตามกฎหมายกระทรวงฯ และมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ (สามารถระบุได้มากกว่า 1 ข้อ)

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> อาคารที่จำแนกตามความเปราะบางของอาคาร | <input type="checkbox"/> อาคารเก็บวัตถุอันตราย |
| ระบุประเภทอาคาร | ระบุประเภทวัตถุอันตราย |
| <input type="checkbox"/> อาคารสาธารณะ (จำนวนผู้ใช้อาคาร.....คน) | <input type="checkbox"/> สถานศึกษา (จำนวนนักเรียน/นักศึกษา.....คน) |
| ระบุประเภทอาคาร | |
| <input type="checkbox"/> สถานรับเลี้ยงเด็กอ่อน (จำนวนเด็ก.....คน) | <input type="checkbox"/> อาคารที่มีผู้ใช้ตั้งแต่ 5,000 คนขึ้นไป |
| <input type="checkbox"/> อาคารที่มีความสูงตั้งแต่ 15 เมตร ขึ้นไป | <input type="checkbox"/> สะพานหรือทางยกระดับที่มีช่วงศูนย์กลางระหว่าง |
| | ตอม่อ ตั้งแต่ 10 เมตร ขึ้นไป |
| <input type="checkbox"/> เขื่อนหรือฝายกักเก็บน้ำที่มีความสูงตั้งแต่ 10 เมตรขึ้นไป | |

2.3 วิธีการคำนวณ

<input type="checkbox"/> อาคารที่มีลักษณะเป็นตึก เรือน โรง และมีรูปทรงสม่ำเสมอ และใช้วิธีการคำนวณ ดังนี้		<input type="checkbox"/> อาคารที่มีลักษณะอื่น หรืออาคารที่มีรูปทรงไม่สม่ำเสมอ ให้ใช้วิธีการคำนวณเชิงพลศาสตร์ (Structural Dynamics) หรือวิธีอื่นที่ตั้งอยู่บนพื้นฐานของทฤษฎีเชิงพลศาสตร์ โดยใช้วิธีการคำนวณ ดังนี้	
<input type="checkbox"/> วิธีตามกฎหมายกระทรวงฯ และมีรายละเอียดประกอบการคำนวณ ดังนี้		<input type="checkbox"/> มาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง (มยผ.1302)	
<input type="checkbox"/> วิธีตามมาตรฐานอื่น (โปรดระบุ)		<input type="checkbox"/> มาตรฐานอื่น (โปรดระบุ)	
<input type="checkbox"/> วิธีตามมาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง (มยผ.1302)		<input type="checkbox"/> มาตรฐานอื่น (โปรดระบุ)	
<input type="checkbox"/> วิธีตามมาตรฐานอื่น (โปรดระบุ)		<input type="checkbox"/> มาตรฐานอื่น (โปรดระบุ)	

2.4 การกำหนดรายละเอียดชิ้นส่วนโครงสร้างให้มีความเหนียว

มาตรฐานกำหนดรายละเอียด		รายละเอียดชิ้นส่วนโครงสร้าง
ประเภทวัตถุโครงสร้าง	<input type="checkbox"/> คอนกรีตเสริมเหล็กและคอนกรีตอัดแรง	
	<input type="checkbox"/> มาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง (มยผ.1301) <input type="checkbox"/> มาตรฐานอื่น (โปรดระบุ)	
	<input type="checkbox"/> โครงสร้างเหล็กรูปพรรณ	
	<input type="checkbox"/> มาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง <input type="checkbox"/> มาตรฐานอื่น (โปรดระบุ)	รายละเอียดชิ้นส่วนโครงสร้างระบุในแบบแปลนหรือรายการประกอบแบบแปลน ดังนี้
	<input type="checkbox"/> โครงสร้างเหล็กรูปพรรณ <input type="checkbox"/> มาตรฐานที่ใช้ (โปรดระบุ)	

ส่วนที่ 3 ข้อมูลอื่นที่เกี่ยวข้อง

2.2 แรงลม

<input type="checkbox"/> ไม่จำเป็นต้องคำนวณออกแบบโครงสร้างให้รับแรงลม	<input type="checkbox"/> คำนวณออกแบบโครงสร้างให้รับแรงลม โดยวิธี
	<input type="checkbox"/> กฎกระทรวง ฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2527) ฯ
	<input type="checkbox"/> มาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง (มยผ.1311: มาตรฐานการคำนวณแรงลมและการตอบสนองของอาคาร)
	<input type="checkbox"/> มาตรฐานอื่น (โปรดระบุ) _____

3.1 วิธีการออกแบบโครงสร้าง

ประเภทวัสดุโครงสร้าง	<input type="checkbox"/> คอนกรีตเสริมเหล็กหรือคอนกรีตอัดแรง	
	<input type="checkbox"/> วิธีหน่วยแรงใช้งาน (Working Stress Design)	
	<input type="checkbox"/> วิธีกำลัง (Strength Design)	
	ชุดน้ำหนักบรรทุกทุกประลัย (Load Combinations) ที่ใช้ (โปรดระบุ)	
	(1)	(4)
	(2)	(5)
	(3)	(6)
	<input type="checkbox"/> เหล็กโครงสร้างรูปพรรณ	
	<input type="checkbox"/> วิธีหน่วยแรงใช้งาน (Working Stress Design)	
	<input type="checkbox"/> วิธีกำลัง (Strength Design)	
	ชุดน้ำหนักบรรทุกทุกประลัย (Load Combinations) ที่ใช้ (โปรดระบุ)	
	(1)	(4)
	(2)	(5)
	(3)	(6)
	<input type="checkbox"/> วัสดุอื่น (โปรดระบุ)	

ผู้รับผิดชอบงานออกแบบหรือผู้รับผิดชอบงานออกแบบและคำนวณต้องลงลายมือชื่อพร้อมกับเขียนชื่อด้วยตัวบรรจง ในแผนผังบริเวณ แบบแปลน รายการประกอบแบบแปลน และรายการคำนวณทุกแผ่นและให้ระบุสำนักรงาน หรือที่อยู่พร้อมกับคุณสมบัติของผู้รับผิดชอบดังกล่าวในแผนผังบริเวณ แบบแปลนรายการประกอบแบบแปลน และรายการคำนวณแต่ละชุดด้วย หรือจะใช้สิ่งพิมพ์สำเนาภาพถ่าย ที่ผู้รับผิดชอบ งานออกแบบ และลงลายมือชื่อพร้อมกับเขียนชื่อด้วยตัวบรรจงและระบุรายละเอียดดังกล่าวแทนก็ได้	ขอรับรองว่าข้อมูลที่กรอกมานี้ถูกต้อง สอดคล้องกับแบบแปลน และรายการคำนวณ
	(ลายมือชื่อ) _____ (_____) วิศวกร ประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุมระดับ _____ เลขทะเบียน _____