

ข้อเสนอแนะ

สำหรับรูปแบบและการก่อสร้างอาคารทั่วไป
ที่เหมาะสมในเขตเสี่ยงภัยสึนามิระดับปานกลาง



สำนักควบคุมและตรวจสอบอาคาร
กรมโยธาธิการและผังเมือง
ถนนพระรามที่ 6 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กรุงเทพฯ 10400
โทร. 0-2299-4351 โทรสาร 0-2299-4366



กรมโยธาธิการและผังเมือง
กระทรวงมหาดไทย

พ.ศ. 2551

ข้อเสนอแนะสำหรับการก่อสร้างอาคารทั่วไป ในเขตเสี่ยงภัยสึนามิระดับปานกลาง

สึนามิในมหาสมุทรอินเดียเมื่อวันที่ 26 ธันวาคม 2547 เวลา 0:58:50 น. (UT) หรือ เวลา 7:58:50 น. ตามเวลาในประเทศไทย เกิดจากแผ่นดินไหวขนาด 9.0 ตามมาตราริคเตอร์* มีจุดศูนย์กลางอยู่ที่ 3.3° N และ 95.9° E บริเวณชายฝั่งทางตะวันตกของเกาะสุมาตรา จากข้อมูลของ United States Geological Survey (USGS, 2005) แผ่นดินไหวนี้เกิดบริเวณที่แผ่นเปลือกโลกอินเดียขุดลงใต้แผ่นเปลือกโลกยูเรเชีย ส่งผลให้พื้นท้องทะเลเกิดการเคลื่อนตัวในแนวตั้งอย่างกะทันหันและน้ำปริมาณมากถูกทำให้เคลื่อนตัวอย่างทันทีทันใด ทำให้เกิดสึนามิตามแนวชายฝั่งทะเลภาคใต้ของประเทศไทยด้านทะเลอันดามัน ส่งผลให้มีผู้เสียชีวิต 5,395 คน ผู้สูญหาย 2,817 คน ในประเทศไทย และมีความเสียหายแก่บ้านเรือน 4,800 หลัง และระบบสาธารณูปโภคที่อยู่ในบริเวณชายฝั่งทะเลเสียหายเป็นอย่างมากในบริเวณพื้นที่ 6 จังหวัดภาคใต้ฝั่งอันดามัน (กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย กระทรวงมหาดไทย, 2548)

สึนามิมีพลังมหาศาลทั้งจากความสูงของคลื่นและความเร็วของกระแสน้ำทั่วโลกจึงแนะนำให้หลีกเลี่ยงการปลูกสร้างอาคารในบริเวณใกล้ชายฝั่งที่มีภัยสึนามิ หากจะก่อสร้างอาคารดังกล่าวให้ปลอดภัย ต้องมีการคำนวณออกแบบโดยวิศวกรผู้ชำนาญ ข้อเสนอแนะที่ในเอกสารนี้จึงเป็นข้อเสนอแนะเบื้องต้นเพื่อให้อาคารมีภูมิต้านทานภัยสึนามิขั้นต่ำ เพื่อที่จะลดความเสียหายแก่โครงสร้างได้บ้างจากภัยสึนามิระดับปานกลาง (ความสูงน้ำท่วมไม่เกิน 9 เมตร) อันจะช่วยให้สามารถซ่อมแซมอาคารได้เร็วขึ้นหลังเกิดภัย ทำให้ลดการสูญเสีย นำไปสู่การฟื้นฟูด้านเศรษฐกิจได้เร็วขึ้น

* ปัจจุบัน นักวิทยาศาสตร์จำนวนมากรายงานขนาดแผ่นดินไหวนี้เป็นขนาด 9.2 หน่วยโมเมนต์

การออกแบบอาคารให้ต้านทานภัยสึนามิได้ ต้องมีการคำนวณออกแบบ
โดยวิศวกรผู้ชำนาญ อาคารที่ได้รับการก่อสร้างตามข้อแนะนำในเอกสารนี้
จึงไม่ได้หมายความว่า จะปลอดภัยจากภัยสึนามิได้
แต่จะเกิดความเสียหายน้อยกว่าอาคารที่มีได้พิจารณาตามข้อแนะนำนี้
เมื่อเกิดสึนามิประชาชนจึงควรอพยพไปสู่ที่สูง
หรือไปยังอาคารอพยพที่มั่นคงแข็งแรง

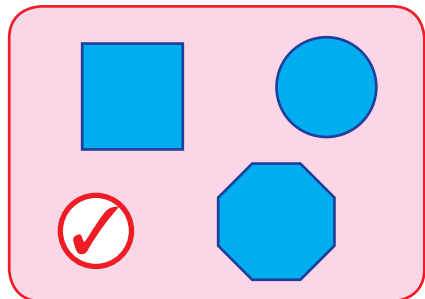
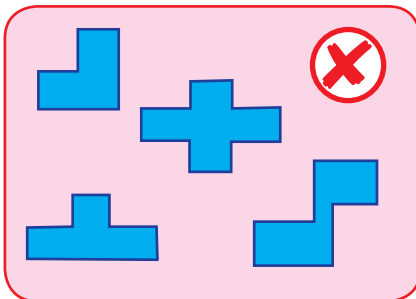
เนื่องจากอาคารส่วนใหญ่ในพื้นที่ เป็นอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก (คสล.) ข้อแนะนำนี้
จึงเน้นเฉพาะอาคาร คสล. แต่หลักการทั่วไป ยังคงใช้ได้กับอาคารที่ทำด้วยวัสดุอื่น

1. ตำแหน่งอาคาร

ตำแหน่งที่ตั้งของอาคารไม่ควรอยู่ใกล้ชายหาดมาก อีกทั้งไม่ควรอยู่ใกล้ร่องน้ำ หรือ
ตั้งอยู่บนร่องน้ำเก่า เนื่องจากสึนามิจะเคลื่อนไปตามร่องน้ำได้อย่างรวดเร็ว ทำความเสียหาย
แก่อาคารได้มาก

2. รูปทรงและลักษณะอาคาร

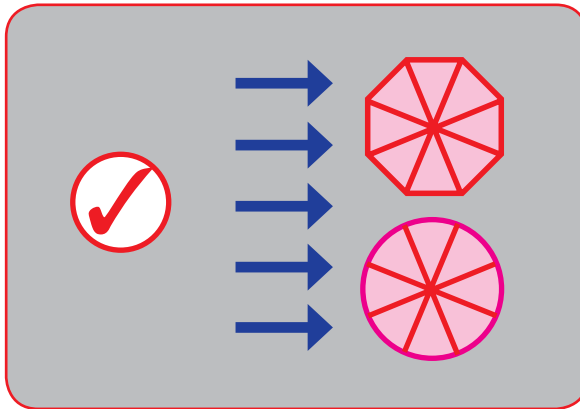
2.1 รูปทรงของอาคารควรมีความสมมาตรในแปลน ไม่ควรมีช่องเว้าหักมุม ซึ่งจะทำได้
เกิดแรงจากคลื่นเพิ่มขึ้น (รูปที่ 1)



รูปที่ 1 ตัวอย่างรูปแปลนของอาคารที่ไม่ควรและควรเลือก

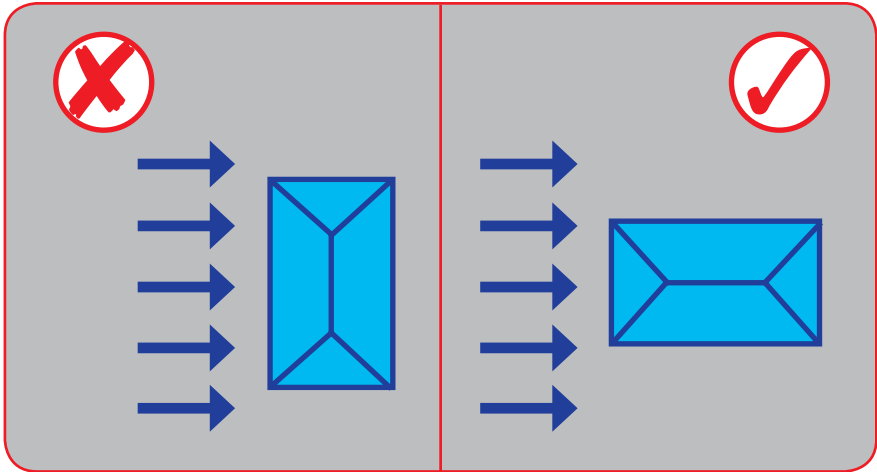
ควรหลีกเลี่ยงรูปแบบอาคารและระบบโครงสร้างที่ไม่ดีซึ่งจะเสียหายได้มากกว่าอาคารที่มีระบบโครงสร้างที่ดี เช่น อาคารที่มีลักษณะไม่สม่ำเสมอในแปลน (รูปตัว T หรือตัว L ฯลฯ) อาคารที่มีเสาเล็กเกินไปหรือเสาประเภทเสาสั้น อาคารที่มีส่วนที่แข็ง เช่น ปล่อยให้ผนังโค้งงอมากเกินไป เป็นต้น อาคารที่มีลักษณะไม่ดีดังกล่าวเสียหายได้แม้เกิดภัยธรรมชาติไม่รุนแรงมากนัก

2.2 หากใช้ผนังอาคารเป็นรูปวงกลมหรือแปดเหลี่ยมจะช่วยลดแรงจากการกระทำจากสึนามิลงได้ราวร้อยละ 20 (รูปที่ 2) แต่ในทางปฏิบัติควรคำนึงถึงปัจจัยอื่นๆ ด้วย เช่น การใช้สอยพื้นที่ให้ได้เต็มที่ เป็นต้น



รูปที่ 2 รูปแบบแปลนอาคารที่ลดแรงจากสึนามิ

2.3 ควรหันอาคารด้านแคบ(ตามผัง)เข้าหาแนวที่สึนามิสามารถปะทะได้ซึ่งจะทำให้แรงกระทำจากสึนามิน้อยกว่ากรณีที่หันอาคารด้านยาวเข้าปะทะสึนามิ (รูปที่ 3)



รูปที่ 3 การหันอาคารด้านแคบในทิศทางการไหลของสึนามิจะลดแรงจากสึนามิ

2.4 หากอาคารจำเป็นต้องมีผนังควมมีพื้นที่ช่องเปิดด้านปะทะน้ำของชั้นที่น้ำท่วมถึง ไม่น้อยกว่าร้อยละ 50 ของพื้นที่ผนัง



(ก)



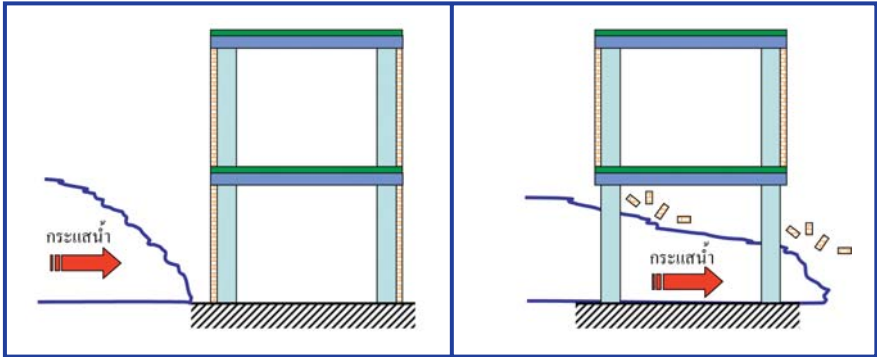
(ข)

รูปที่ 4 (ก) ความเสียหายของผนังที่ไม่มีช่องเปิดเนื่องจากแรงเฉือนทะลุ (หาดกมลา จ. ภูเก็ต)
(ข) ผนังอิฐก่อที่มีช่องเปิดแทบไม่เสียหาย (เขาหลัก จ. พังงา)

จากการสำรวจความเสียหายของอาคารจากเหตุการณ์สึนามิปี 2547 พบว่าอาคารที่มีผนังแบบไม่มีช่องเปิดจะมีความเสียหายแบบทะลุ และแรงเฉือนที่ถ่ายสู่โครงสร้างเสาจากผนังที่ไม่มีช่องเปิดจะมีค่ามาก อาจทำให้โครงสร้างเสาเกิดการวิบัติได้ ดังรูปที่ 4(ก) ในขณะที่ผนังที่มีช่องเปิดเพียงพอนอกจากจะไม่เสียหายแล้ว ส่วนของโครงสร้างยังมีความเสียหายน้อยตามไปด้วย ดังรูปที่ 4(ข)

2.5 ในชั้นที่น้ำท่วมถึงหากผนังทำด้วยอิฐก่อผนังที่ค่อนข้างตั้งฉากกับทิศทางการไหลของกระแส น้ำควรก่อด้วยอิฐ หรือคอนกรีตบล็อก หรือคอนกรีตมวลเบา ความหนารวมปูนฉาบไม่เกิน 10 เซนติเมตร และมีเหล็กเดือยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตรยึดผนังกับเสาข้างไม่น้อยกว่า 40 เซนติเมตร โดยประมาณโดยฝังในเสาราว 10 เซนติเมตร (ไม่ขอข)

โดยหลักการผนังที่สามารถพังทลายได้จะช่วยลดความเสียหายในโครงสร้างหลักได้ ดังแสดงในรูปที่ 5(ก) จากการสำรวจความเสียหายในสึนามิปี 2547 พบว่าโดยทั่วไปผนังทึบที่มีรายละเอียดดังกล่าวข้างต้น (ซึ่งเป็นแนวปฏิบัติทั่วไปอยู่แล้ว) และค่อนข้างตั้งฉากกับทิศทางการไหลของกระแส น้ำ พังทลายได้เมื่อรับแรงปะทะจากสึนามิทำให้ลดแรงเฉือนที่ถ่ายเข้าสู่เสา และลดแรงดันน้ำที่จะกระทำต่อโครงสร้างหลัก โครงสร้างจึงไม่เกิดความเสียหายรุนแรงดังแสดงในรูปที่ 5(ข) และ 5(ค) แต่ในรูปที่ 6 เป็นผนังที่ไม่พังทลายทันที ทำให้มีการถ่ายแรงเข้าสู่เสา ทำให้โครงสร้างเสามีความเสียหาย นอกจากนี้แรงมหาศาลจากสึนามิที่ถ่ายไปยังอาคารนี้ยังอาจทำให้เกิดการวิบัติของอาคารโดยการเลื่อนไถลของฐานราก (ในกรณีเป็นฐานแผ่) หรือการพลิกคว่ำอีกด้วย ดังมีตัวอย่างที่เกิดขึ้นมาแล้ว



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 5 ผนังที่สามารถพังทลายได้จะช่วยลดความเสียหายในโครงสร้างหลักได้

(ก) แนวความคิดของผนังที่แตกสลายได้เมื่อมีแรงปะทะระดับหนึ่ง

(ข) ความเสียหายของโครงสร้างหลักลดลงเมื่อกำแพงแตกสลาย

(ค) ความเสียหายในอาคารไม่รุนแรงถ้าผนังก่ออิฐยึดต่อกับเสาไม่แข็งแรง

(เขาหลัก จ.พังงา)



(ก)



(ข)

รูปที่ 6 ความเสียหายในโครงสร้างหลักเนื่องจากการถ่ายแรงจากผนัง

(ก) กำแพงที่ไม่สามารถพังทลายได้ถ่ายแรงไปยังโครงสร้างหลัก

(ข) ความเสียหายในเสาเนื่องจากแรงเฉือนที่ถ่ายมาจากผนังก่ออิฐ

(หาดกมลลา จ. ภูเก็ต)

2.6 ไม่ควรมีห้องใต้ดิน เว้นแต่ห้องลิฟต์ ห้องเครื่อง หรือถังเก็บน้ำใต้ดิน

เนื่องจากในเหตุการณ์สึนามิเมื่อปี 2547 มีผู้เสียชีวิตจำนวนมากในห้องใต้ดินของห้างสรรพสินค้าแห่งหนึ่ง เพราะประชาชนพยายามลงไปในำรถออกจากห้องใต้ดิน ห้องใต้ดินจึงเป็นบริเวณที่มีความเสี่ยงต่อการสูญเสียชีวิตและทรัพย์สินมากหากเกิดภัยพิบัติสึนามิ ถึงแม้ว่าจะมีระบบเตือนภัยก็ตาม เนื่องจากในความเป็นจริง ผู้คนในห้องใต้ดินอาจไม่ได้ยินเสียงเตือนภัย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีของการใช้ห้องใต้ดินเป็นสถานบันเทิง เช่น คาราโอเกะ เป็นต้น นอกจากนี้ระบบเตือนภัยเป็นระบบที่สลับซับซ้อนและต้องมีการซ่อมบำรุงอย่างดีตลอดอายุการใช้งาน หากเกิดความผิดพลาด หรือขัดข้องจากสาเหตุใดก็ตาม การเตือนภัยก็จะไม่ได้ผล

3. ระบบโครงสร้าง

3.1 โครงสร้างควรใช้วัสดุที่มีน้ำหนักและมีความแข็งแรง เช่น คอนกรีตเสริมเหล็ก
ไม่แนะนำให้ใช้โครงสร้างไม้

3.2 ระบบโครงสร้างที่ดีควรมีการยึดโยงที่หัวเสาทุกต้นด้วยองค์อาคาร
(เช่น คาน หรือพื้น) รวมถึงคานคอดินยึดบริเวณโคนเสาทุกต้นทั้งสองทิศทางให้มั่นคง
(รูปที่ 7 (ก))



รูปที่ 7 (ก) ลักษณะอาคารที่มีการยึดโยงที่ระดับหัวเสาและคานคอดิน (UNDP, 2007)

- (ข) ความเสียหายต่อองค์อาคารที่ไม่มีการยึดโยงหัวเสาให้มั่นคง
(บ้านบางเนียง พังงา ระดับน้ำสูงประมาณ 3 เมตรจากพื้นดิน)

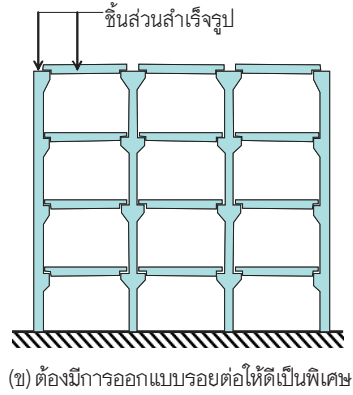
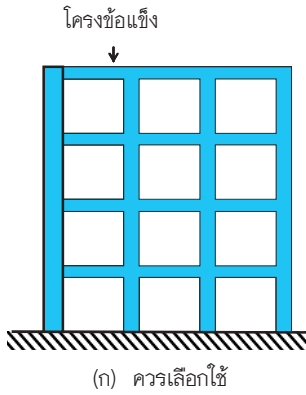
การยึดโยงเสาทุกต้นที่หัวเสาและโคนเสาเพื่อให้สามารถทนแรงกระแทกจาก
กระแสน้ำได้มากขึ้น หากหลังคาเป็นโครงสร้างไม้หรือเหล็กควรมีชิ้นส่วนทแยงยึดระนาบของคาน
ที่หัวเสา (ดูรูปที่ 7(ก)) โครงสร้างที่เสาไม่มีการยึดโยงที่หัวเสาให้มั่นคง จะเสียหายได้ง่าย ดังเช่น
ที่แสดงในรูปที่ 7(ข) นอกจากนี้อาคารที่มีระบบดังกล่าวข้างต้นโดยที่คานคอดินมีความลึกพอเพียง

จะช่วยยึดโครงสร้างให้มีลักษณะคล้ายกล่อง ซึ่งจะมีพฤติกรรมดีขึ้นมาก และช่วยป้องกันการวิบัติแบบต่อเนื่อง ในกรณีที่ฐานรากใดฐานรากหนึ่งวิบัติไปจนฐานรากลอยจากการกัดเซาะดินใต้ฐานรากจะมีการกระจายแรงจากส่วนที่วิบัติไปสู่ฐานอื่นลงสู่พื้นดิน ทำให้โครงสร้างไม่เกิดการวิบัติในทันที ดังตัวอย่างในรูปที่ 8 (ก) แต่ถ้าฐานรากไม่ได้รับการปรับปรุงซ่อมแซมโดยเร็ว กระแสน้ำจะทำให้เกิดการกัดเซาะดินใต้ฐานรากมากขึ้นจนทำให้อาคารเกิดการวิบัติได้ ดังรูปที่ 8 (ข)



- รูปที่ 8 ความเสียหายของอาคารจากการกัดเซาะใต้ฐานราก(หาดกมลาจ.ภูเก็ต)
- (ก) อาคารที่มีระบบโครงสร้างที่ดียังไม่พังทลายจากสึนามิถึงแม้ดินฐานรากถูกกัดเซาะ
 - (ข) อาคารพังทลายหลังจากผ่านไป 1 เดือน

3.3 ในกรณีที่ใช้ชิ้นส่วนสำเร็จรูปจะต้องมีวิศวกรออกแบบชิ้นส่วนรวมทั้งการยึดต่อของชิ้นส่วนอาคารให้ถูกต้องตามหลักวิศวกรรม มิฉะนั้นอาคารจะไม่มี ความมั่นคงแข็งแรงและเสียหายได้เมื่อเกิดสึนามิ



รูปที่ 9 (ก) ลักษณะของอาคารในระบบโครงข้อแข็ง (ข) ระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป



รูปที่ 10 แผ่นพื้นสำเร็จรูปที่ถูกสึนามิดันให้หลุดจากคาน

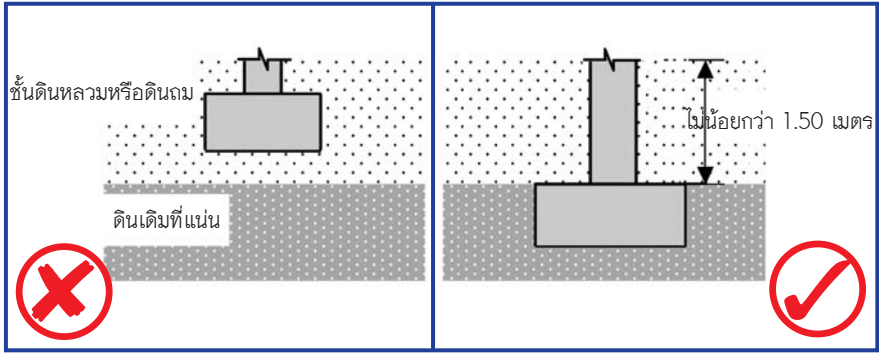
ชั้นส่วนอาคารสำเร็จรูป เช่น พื้นสำเร็จรูป เสาสำเร็จรูป ไม่เหมาะที่จะนำมาใช้ ในบริเวณที่สึนามิเข้าถึงได้ จึงควรก่อสร้างด้วยโครงข้อแข็ง หรือโครงที่มีการยึดชิ้นส่วนต่างๆเข้าด้วยกันอย่างแข็งแรง (รูปที่ 9) ทำเรือประมงที่บ้านน้ำเค็ม อ.ตะกั่วป่า จ.พังงา ดังแสดงในรูปที่ 10 ใช้ระบบพื้นสำเร็จรูป ซึ่งจะเห็นว่าแผ่นพื้นถูกแรงดันยกให้หลุดออกจากคานซึ่งเป็นฐานรองรับ และบางส่วนแตกออกลอยไปกับกระแสน้ำซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อสิ่งก่อสร้างและผู้คนได้

ในการก่อสร้างอาคารที่ใช้ระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป จะต้องมีการออกแบบชิ้นส่วน รวมทั้งรายละเอียดการยึดต่อชิ้นส่วนอาคารสำเร็จรูปให้ถูกต้องตามหลักวิศวกรรม มิฉะนั้นอาคารจะไม่มีควมมั่นคงแข็งแรง และเสียหายได้มากเมื่อถูกสึนามิปะทะ

4. ฐานราก

4.1 ในบริเวณที่มีความเสี่ยงต่อการกัดเซาะของดินฐานรากจากสึนามิฐานรากควรเป็นเสาเข็มที่ยังลงไปในพื้นที่ดินแน่น

4.2 หากเป็นฐานรากแผ่ต้องฝังในชั้นดินเดิมที่แน่นและมั่นคงให้ลึกกว่าความลึกที่กระแสน้ำสามารถกัดเซาะดินใต้ฐานรากได้ แต่ไม่ควรน้อยกว่า 1.5 เมตร และควรขยายต่อม่อให้มีขนาดไม่เล็กกว่า 25 เซนติเมตร (รูปที่ 11)



รูปที่ 11 ฐานรากแผ่ต้องฝังในชั้นดินเดิมที่แน่นและมั่นคง



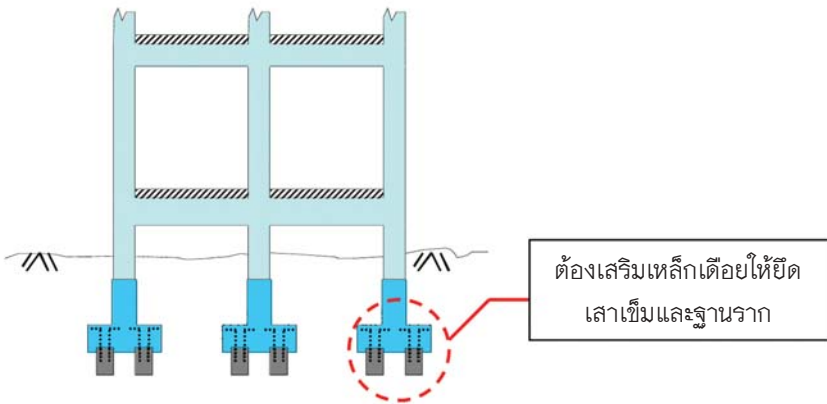
(ก)

(ข)

- รูปที่ 12 (ก) การกัดเซาะทรายใต้ฐานรากเนื่องจากการพังทลายของกำแพงกันดิน (กมล จ. ภูเก็ต)
(ข) การกัดเซาะของดินถมรอบฐานรากที่ไม่มีการบดอัดที่ดีพอ (เขากลัก จ. พังงา)

ข้อเท็จจริงสำหรับข้อเสนอแนะนี้มาจากผลสำรวจความเสียหายในสึนามิปี 2547 ซึ่งพบว่า อาคารจำนวนมากที่อยู่ตามชายฝั่งทะเลใช้ฐานรากแพ่ที่อยู่บนชั้นดินทราย เมื่อกำแพงกันดินซึ่งใช้ยก ระดับอาคารและเพื่อป้องกันการกัดเซาะ เกิดการรบกวน ทรายที่อยู่ใต้ฐานรากก็จะถูกกัดเซาะและพัดพาไป ฐานรากจึงไม่มีที่รองรับ เช่น ที่หาดกมลา จ.ภูเก็ต (รูปที่ 8(ก) และ 12(ก)) แหลมปะการัง จ.พังงา และเกาะพีพี จ.กระบี่ ในบางบริเวณที่ใช้ดินถมฐานรากโดยไม่มีการบดอัดเท่าที่ควร สึนามิทำให้เกิดการกัดเซาะฐานรากที่อยู่ห่างจากริมชายฝั่งได้ ดังตัวอย่างอาคารใน รูปที่ 12 (ข) ซึ่งเป็นอาคารที่อยู่ห่างจากชายฝั่งประมาณ 100 เมตร

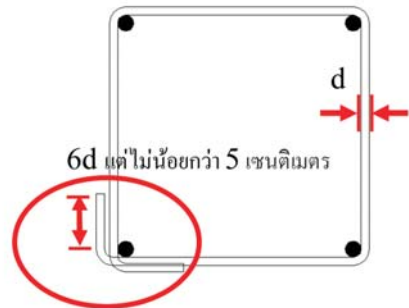
4.3 ควรเสริมเหล็กเดือยยึดเสาเข็มกับแป้นหัวเสาเข็ม และควรสกัดหัวเสาเข็มส่วนที่บอบช้ำจากการตอกเสาเข็มออก (รูปที่ 13)



รูปที่ 13 แสดงเหล็กเสริมยึดเสาเข็มและฐานราก

5. เสา

5.1 ขนาดของเสาอาคารควรมีขนาดหน้าตัดด้านแคบไม่น้อยกว่า 20 เซนติเมตร (สำหรับอาคารไม่เกิน 2 ชั้น และเสาห่างกันไม่เกิน 4 เมตร) และระยะเรียงในแนวตั้งระหว่างเหล็กปลอกไม่ควรเกิน 15 เซนติเมตรสำหรับเสาขนาด 20 เซนติเมตร x 20 เซนติเมตร และส่วนปลายยื่นของขงอเหล็กปลอกไม่ควรน้อยกว่า 6 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางเหล็กปลอกแต่ไม่ควรน้อยกว่า 5 เซนติเมตร (รูปที่ 14) เส้นผ่านศูนย์กลางเหล็กปลอกต้องมีขนาดไม่เล็กกว่า 6 มิลลิเมตร (ขนาดเต็ม)



รูปที่ 14 ส่วนปลายยื่นของขงอเหล็กปลอกควรมีความยาวที่เพียงพอ



(ก)



(ข)

รูปที่ 15 (ก) เสาเล็กเกินไปหักเสียหายจากสึนามิ (จ.ภูเก็ต)

(ข) ความเสียหายในเสาเนื่องจากแรงกระแทกจากวัตถุที่ถูกพัดลอยตามน้ำมา (แหลมปะการัง จ.พังงา)



(ก)



(ข)

รูปที่ 16 ตัวอย่างเสาที่มีระยะเรียงของเหล็กปลอก (แสดงด้วยลูกศรในรูป) ห่างมากเกินไป

จากการสำรวจพบว่า เสาที่มีหน้าตัดขนาดเล็กเช่น หน้าตัด 15 เซนติเมตร x 15 เซนติเมตร มักจะวิบัติที่ระดับน้ำสูงประมาณ 2.5 เมตร หรือมากกว่านั้น (ดูรูปที่ 15) อีกทั้งพบว่ามี การเสริมเหล็กปลอกในเสาน้อยเกินไป เช่น ใช้ปลอกเหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร วางห่าง 15 – 20 เซนติเมตร (รูปที่ 16) เนื่องจากเสาเป็นส่วนสำคัญของอาคารเพราะแบกรับ น้ำหนักพื้นส่งต่อไปฐานราก และหากเสามีขนาดเล็กเกินไปจะเสียหายง่าย และถ้าเสาหัก อาคารก็จะ พังลงมา ดังนั้นจึงควรเพิ่มขนาดและเพิ่มปริมาณเหล็กปลอกรัดแกนเสาเพื่อให้เสามีพฤติกรรมดีขึ้น

เสาอาคารที่อาจถูกสึนามิท่วมถึงอาจได้รับแรงกระแทกจากวัตถุที่ลอยมาตามกระแสน้ำที่ แรงด้วย ทำให้เกิดการวิบัติของเสา ดังตัวอย่างในรูปที่ 15(ข) ดังนั้นหากขยายขนาดหน้าตัดขั้นต่ำต่ำ ของเสาและคานึงถึงรายละเอียดเหล็กเสริมดังที่แนะนำจะช่วยให้เสาและโครงสร้างมีความสามารถ ด้านทานขั้นต่ำต่อแรงกระแทกจากวัตถุที่ถูกสึนามิพัดมาได้ดีขึ้น

5.2 หากสามารถใช้เสารูปตัดกลมหรือใกล้เคียงวงกลม (เช่น แปดเหลี่ยม) จะลดแรง จากการกระทำจากสึนามิลงได้เนื่องจากเสารูปทรงดังกล่าวจะต้านการไหลของน้ำน้อยกว่าเสา รูปทรงอื่น

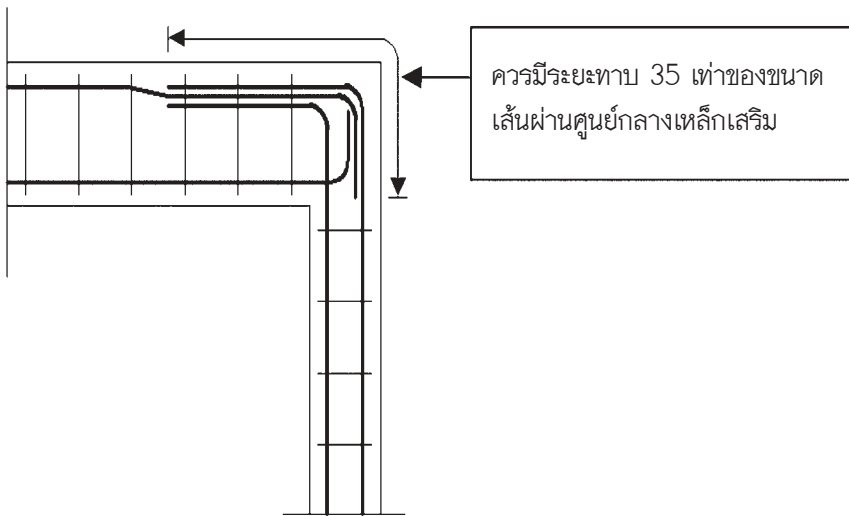
6. การเสริมเหล็ก

6.1 เหล็กกลางที่วิ่งต่อเนื่องในคานอย่างน้อย 2 เส้น และล้งยึดในเสาให้ลึกพอ จะ ช่วยลดอันตรายจากการพังทลายแบบต่อเนื่องได้ จึงมีความสำคัญมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในคานตามแนวขอบอาคาร

6.2 ควรล้งเหล็กยึดชิ้นส่วนที่จุดต่อให้มั่นคง



รูปที่ 17 ความเสียหายที่เกิดขึ้นที่จุดต่อ (หาดกมลา จ. ภูเก็ต)

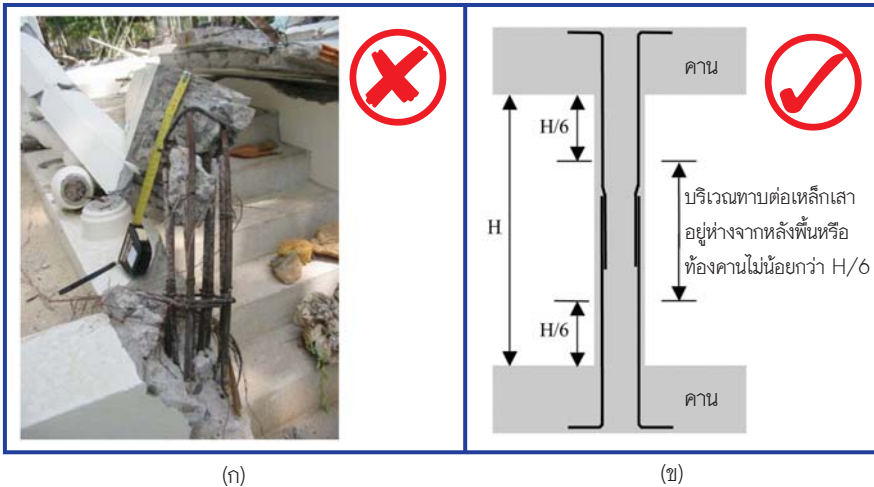


รูปที่ 18 ควรมีการฝังเหล็กจากชั้นส่วนหนึ่งไปอีกชั้นส่วนหนึ่งอย่างเพียงพอ

การวิบัติของอาคารเนื่องจากการวิบัติที่จุดต่อดังตัวอย่างในรูปที่ 17 แสดงให้เห็นว่ามีเหล็กยึดชิ้นส่วนและระยะทาบเหล็กเสริมที่จุดต่อไม่เพียงพอ ส่งผลให้กำลังจุดต่อลดน้อยลง จึงไม่สามารถต้านทานแรงที่เกิดจากสึนามิได้ ส่งผลให้เกิดการวิบัติในที่สุด การยึดต่อชิ้นส่วนที่ถูกต้องจึงควรมีรายละเอียดและมีระยะทาบที่พอเพียงดังตัวอย่างในรูปที่ 18

เหล็กเสริมที่รอยต่อระหว่างเสาและฐานรากเป็นสิ่งจำเป็นที่ยึดโครงสร้างส่วนบนกับส่วนล่างเข้าไว้ด้วยกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งโครงสร้างที่จมอยู่ในน้ำ จะมีแรงยกตัวกระทำทำให้อาคารอาจหลุดลอยออกจากฐานรากได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใส่เหล็กเดือยจากเสาวิ่งลงไปในฐานรากให้มีเนื้อที่เหล็กและระยะฝังพอเพียงที่จะต้านทานแรงดึงที่เกิดขึ้น

6.3 ควรต่อทาบเหล็กเสาที่ระดับเหนือพื้นประมาณหนึ่งในหกของความสูงของเสาและไม่ควรต่อทาบกันเกินครึ่งหนึ่งของเหล็กเสริมทั้งหมดที่ระดับเดียวกัน เนื่องจากการต่อทาบเหล็กบริเวณโคนเสาทำให้ข้อต่อเป็นจุดอ่อนและวิบัติได้ง่าย (รูปที่ 19)



รูปที่ 19 (ก) แสดงการต่อทาบเหล็กเสริมที่ระดับเดียวกันใกล้โคนเสาซึ่งเป็นวิธีที่ไม่ถูกต้อง
(ข) แสดงการต่อทาบเหล็กเสริมที่ถูกต้อง

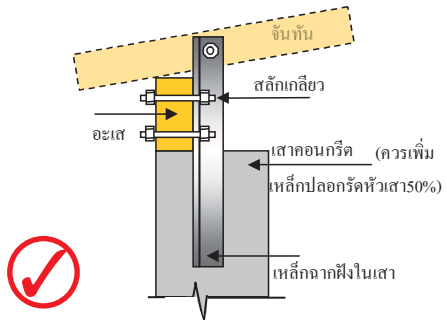
7. โครงหลังคา

7.1 ควรหลีกเลี่ยงโครงไม้หรือโครงเหล็ก ถ้าเป็นไปได้ควรใช้หลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กแทน

7.2 หากหลีกเลี่ยงการใช้โครงหลังคาไม้หรือเหล็กไม่ได้จะต้องยึดจันทันแปลนเข้ากับฐานรองรับให้มั่นคง ดังตัวอย่างในรูปที่ 20 โดยควรเพิ่มจำนวนหรือขนาดของสลักเกลียว (หรือที่ชาวบ้านเรียกกันว่าน๊อต) จากที่ปฏิบัติกันในปัจจุบัน โครงหลังคาที่ไม่มีการยึดกับฐานรองรับจะเสียหายได้ง่ายจากภัยธรรมชาติ



(ก)



(ข)

- รูปที่ 20 (ก) โครงหลังคาที่ไม่มีการยึดกับฐานรองรับเสียหายได้ง่ายจากภัยธรรมชาติ (UNDP, 2007)
 (ข) ลักษณะการยึดโครงหลังคากับฐานรองรับที่ถูกต้อง

8. มาตรฐานการก่อสร้าง

- 8.1 การก่อสร้างต้องดำเนินการตามหลักวิชาการที่ถูกต้อง และได้คุณภาพ
- 8.2 ส่วนผสมคอนกรีตต้องใช้หิน ทราย ที่แข็งแรงแรงสะอาด ไม่ใช้น้ำผสมมากเกินไป ส่วนผสมของคอนกรีต หากไม่มีการออกแบบโดยวิศวกร ให้ใช้ปริมาณปูนซีเมนต์ 1 ส่วน ทราย 2 ส่วน และ หิน 4 ส่วนโดยปริมาตร การใช้ส่วนผสมมากเกินไป (ที่ข่างนียมทำกัน) จะทำให้กำลังคอนกรีตลดลงมาก
- 8.3 ต้องใช้น้ำสะอาดในการผสมคอนกรีต ห้ามใช้น้ำทะเลหรือน้ำกร่อยผสมปูนซีเมนต์ เนื่องจากจะทำให้เหล็กเป็นสนิม ซึ่งจะบวมและดันคอนกรีตให้แตกได้
- 8.4 คอนกรีตต้องมีการกระทุ้งให้แน่น และมีการบ่มให้เหมาะสม หากไม่กระทุ้ง คอนกรีตให้ดีตอนหล่อคอนกรีต เนื้อคอนกรีตจะไม่แน่นทำให้คอนกรีตที่ได้เป็นโพรงและกำลัง คอนกรีตลดลง เมื่อถอดแบบแล้วควรบ่มคอนกรีตอีก 7 วันด้วยวิธีที่เหมาะสม เช่น ใช้กระสอบ หุ้มแล้วฉีดน้ำให้ชุ่ม การบ่มนี้จะลดการสูญเสียของน้ำในคอนกรีตสู่บรรยากาศ ทำให้คอนกรีต พัฒนากำลังได้ดีขึ้น
- 8.5 ต้องมีคอนกรีตหุ้มเหล็กเสริมเป็นความหนาไม่น้อยกว่า 3 เซนติเมตร คอนกรีตหุ้ม เหล็กเสริมที่น้อยเกินไปจะทำให้เกิดการกัดกร่อนของเหล็กเสริมได้ง่ายขึ้นคอนกรีตหุ้มเหล็กเสริม จึงสำคัญต่อความคงทนของโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก

8.6 รอยต่อชิ้นส่วนคอนกรีตเสริมเหล็ก ต้องเตรียมผิวรอยต่อให้สะอาดและหยาบก่อนทำการเทคอนกรีตใหม่ทับเพื่อให้เป็นเนื้อเดียวกัน

รูปที่ 21 เป็นตัวอย่างของรอยต่อที่ไม่ได้มาตรฐาน

8.7 ต้องใช้ช่างเชื่อมที่มีคุณภาพในกรณีที่มีงานเชื่อม รอยต่อชิ้นส่วนที่ไม่แข็งแรงจากการเชื่อมที่ไม่ได้มาตรฐานอาจวิบัติได้ถึงแม้จะเป็นโครงสร้างเหล็กก็ตาม



รอยต่อเสาคอนกรีต
ไม่เป็นเนื้อเดียวกัน

รูปที่ 21 ตัวอย่างรอยต่อที่ไม่เป็นเนื้อเดียวกันจากการก่อสร้างที่ไม่ได้มาตรฐาน

บรรณานุกรม

กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย กระทรวงมหาดไทย (2548). <http://61.19.54.131/tsunami/>

ปณิธาน ลักคุณะประสิทธิ์ และอาณัติ เรืองรัศมิ (2549). ข้อเสนอแนะสำหรับการก่อสร้างอาคารให้มี
ภูมิเข้้นต่ำต้านทานสึนามิและแผ่นดินไหว ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

UNDP (2007). “Handbook on Good Building Design and Construction, Aceh and
Nias Islands”. UNDP Regional Centre, Bangkok.

USGS (2005). <http://www.usgs.gov>.

