

การออกแบบอาคารต้านแรงแผ่นดินไหว ตามประกาศมหาดไทย

นาย กิตติ บุญแสง วย.๒๑๔๖

ผู้ชำนาญการสภาวิศวกร

กรรมการกลาง วสท. วาระปี ๒๕๖๖-๖๘

กิตติ บุญแสง วย.๒๑๔๖ ผู้ชำนาญการสภาวิศวกร

กฎกระทรวงแผ่นดินไหว 2564

- แบ่งพื้นที่ เป็น 3 บริเวณ ในแต่ละบริเวณ ระบุ จังหวัดที่ต้องออกแบบและคำนวณ จำนวน 43 จังหวัด
- ระบุ ประเภท และ ขนาด ของอาคาร ที่ต้องออกแบบ ในแต่ละบริเวณ
- การออกแบบ ต้องเป็นไปตาม ประกาศกระทรวงมหาดไทย
- ผู้ออกแบบและคำนวณ ต้องเป็นผู้ได้รับใบอนุญาตประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม สาขาวิศวกรรมโยธา
- ภาควิศวกร ต้องผ่านการเรียนการสอนหรือการอบรมว่าด้วยการออกแบบอาคารต้านทานแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหว

บริเวณ

ข้อ ๒ ในประกาศนี้

“กฎกระทรวง” หมายความว่า กฎกระทรวงกำหนดการรับน้ำหนัก ความต้านทาน ความคงทนของอาคารและพื้นดินที่รองรับอาคารในการต้านทานแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว พ.ศ. ๒๕๖๔

“บริเวณที่ ๑” หมายความว่า บริเวณที่ ๑ ตามกฎกระทรวง

“บริเวณที่ ๒” หมายความว่า บริเวณที่ ๒ ตามกฎกระทรวง

“บริเวณที่ ๓” หมายความว่า บริเวณที่ ๓ ตามกฎกระทรวง

“แผ่นดินไหวรุนแรงสูงสุดที่พิจารณา” หมายความว่า แผ่นดินไหวที่มีระดับความรุนแรงสูงสุดที่พิจารณาในมาตรฐานฉบับนี้ ซึ่งความน่าจะเป็นที่จะเกิดแผ่นดินไหวรุนแรงกว่าระดับที่พิจารณาเท่ากับร้อยละสองในช่วงเวลาห้าสิบปี

“แผ่นดินไหวสำหรับการออกแบบ” หมายความว่า แผ่นดินไหวที่มีระดับความรุนแรงเป็นสองในสามของแผ่นดินไหวรุนแรงสูงสุดที่พิจารณา

ระดับความรุนแรงของ แผ่นดินไหว

ข้อ ๖ ระดับความรุนแรงของแผ่นดินไหวที่ใช้ในการออกแบบและคำนวณโครงสร้างอาคารอยู่ในรูปของค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัม ซึ่งเป็นค่าบนพื้นดินและแปรเปลี่ยนตามคาบการสั่นพื้นฐานและอัตราส่วนความหน่วงของอาคาร โดยค่าความเร่งดังกล่าวได้จำแนกออกตามพื้นที่ที่ตั้งอาคารประกอบด้วย พื้นที่นอกแอ่งกรุงเทพมหานครและพื้นที่ในแอ่งกรุงเทพมหานคร ซึ่งในการออกแบบและคำนวณต้องปรับค่าดังกล่าวให้เป็นค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมสำหรับการออกแบบโดยมีรายละเอียดและหลักเกณฑ์ตามผนวก ก ท้ายประกาศนี้

กำหนดให้ใช้อัตราส่วนความหน่วงเท่ากับร้อยละห้ากับอาคารทุกประเภท

ประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหว

- การออกแบบแยกเป็น 2 กรณี

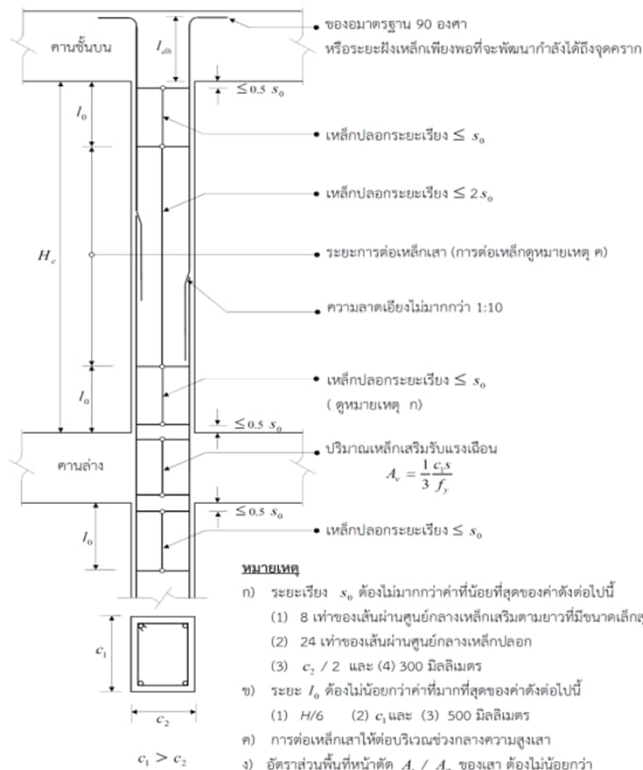
บริเวณที่ 1

ต้องออกแบบให้มีความเหนียวอย่างน้อยตามที่กำหนดในข้อ 26 หรือ ข้อ 27 โดยไม่จำเป็นต้องคำนวณแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหว

บริเวณที่ 2 และ 3

ต้องออกแบบให้มีความเหนียวอย่างน้อยตามที่กำหนดในข้อ 26 หรือ ข้อ 27 และต้องพิจารณาประเภทความสำคัญของอาคาร และ ความรุนแรงของแผ่นดินไหว ณ ที่ตั้งอาคาร ต้องคำนวณยกเว้นประเภท ก

รายละเอียดการเสริมเหล็ก



รูปที่ ๒ รายละเอียดการเสริมเหล็กในเสา

(ก) ในกรณีเหล็กปลอกเดี่ยว จะต้องเสริมเหล็กปลอกเดี่ยวที่มีระยะเรียงทางขวาง (s) ตลอดช่วงความยาวที่วัดออกมาจากขอบของข้อต่อเสา (I_o) ไม่มากกว่าค่า s_o ซึ่งเป็นค่าที่น้อยที่สุดของค่าดังต่อไปนี้

- ๑) แปดเท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กเสริมตามยาวที่มีขนาดเล็กสุด
- ๒) ยี่สิบสี่เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กปลอก
- ๓) ครึ่งหนึ่งของมิติที่เล็กที่สุดของหน้าตัดเสา (c_2)
- ๔) สามร้อยมิลลิเมตร

และเหล็กปลอกแรกจะต้องอยู่ห่างจากขอบของข้อต่อเป็นระยะไม่มากกว่า $0.5 s_o$

(ข) สำหรับความยาว I_o ในข้อ (ก) จะต้องไม่น้อยกว่าค่าที่มากที่สุดของค่า ดังต่อไปนี้

- ๑) หนึ่งในหกของความสูงจากขอบถึงขอบของเสา
- ๒) มิติที่มากที่สุดของหน้าตัดเสา (c_1)
- ๓) ห้าร้อยมิลลิเมตร

(ค) ข้อต่อระหว่างเสาและคานหรือระหว่างเสาและแผ่นพื้นในกรณีแผ่นพื้นไร้คานจะต้องมีการเสริมเหล็กปลอกเดี่ยวเป็นปริมาณไม่น้อยกว่าพื้นที่หน้าตัดรวมของเหล็กปลอกเดี่ยว (A_v หน่วยเป็นตารางมิลลิเมตร) ที่คำนวณจาก

$$A_v = \frac{1}{3} \frac{c_1 s}{f_y} \quad (\text{สมการ ๑๔})$$

โดยที่ s คือ ระยะเรียงของเหล็กตามขวาง (มิลลิเมตร)

f_y คือ กำลังครากของเหล็กปลอกเดี่ยว (เมกกาปาสกาล)

โดยที่เหล็กเสริมนี้จะต้องเสริมภายในเสาเป็นความลึกไม่น้อยกว่าความลึกของคานที่ลึกที่สุดที่ข้อต่อนั้น

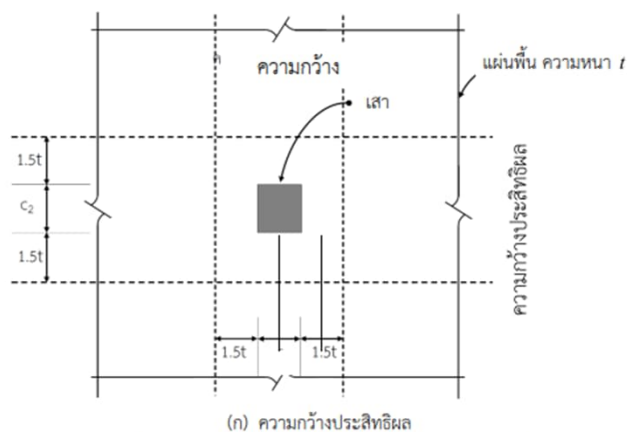
(ง) ในกรณีเหล็กปลอกเกลียว การเสริมเหล็กให้เป็นไปตามมาตรฐานอื่นที่ได้รับการยอมรับทั่วไปและกรมโยธาธิการและผังเมืองเห็นชอบ

(จ) ระยะเรียงของเหล็กปลอกเดี่ยวในส่วนที่นอกเหนือจาก (ก) จะต้องไม่มากกว่าสองเท่าของระยะ s_o

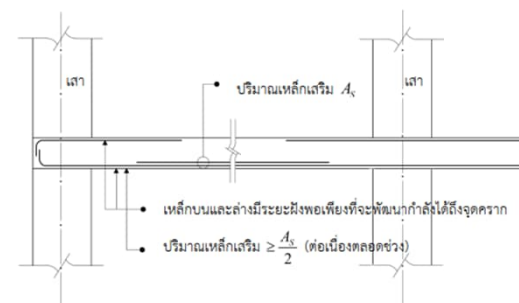
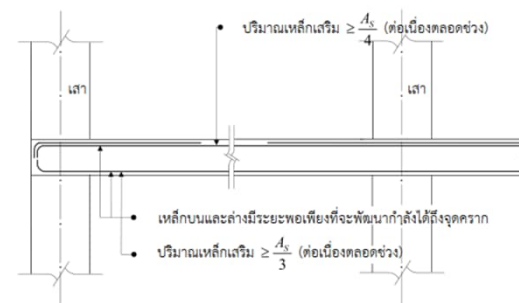
(ฉ) พื้นที่หน้าตัดเหล็กเสริมตามยาว (A_s) ของเสาจะต้องไม่น้อยกว่าร้อยละหนึ่งและไม่ควรมากกว่าร้อยละหกของพื้นที่หน้าตัดเสาทั้งหมด (A_g)

(ข) การต่อเหล็กเสริมในเสาควรต่อบริเวณช่วงกลางความสูงเสา โดยวิธีการต่อเหล็กให้เป็นไปตามมาตรฐานอื่นที่ได้รับการยอมรับทั่วไปและกรมโยธาธิการและผังเมืองเห็นชอบ

รายละเอียดการเสริมเหล็ก



รูปที่ ๓ รายละเอียดการเสริมเหล็กในแผ่นพื้นสองทางแบบไร้คาน



รูปที่ ๓ รายละเอียดการเสริมเหล็กในแผ่นพื้นสองทางแบบไร้คาน (ต่อ)

รายละเอียดการเสริมเหล็ก

ข้อ ๒๗ การก่อสร้างอาคารที่ไม่ใช่โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อในที่ ซึ่งตั้งอยู่ในบริเวณที่ ๑ หรือในบริเวณที่ ๒ กับบริเวณที่ ๓ ที่มีการออกแบบด้านทานแผ่นดินไหว ประเภท ก ตามข้อ ๗ อย่างน้อยผู้ออกแบบต้องออกแบบรายละเอียดของโครงสร้างในแนวดิ่งตามข้อกำหนดของโครงสร้างในแนวดิ่งของระบบโครงสร้างนั้นที่มีความเหนียวปานกลาง ตามที่กำหนดในมาตรฐานอื่นที่ได้รับ การยอมรับทั่วไปและกรมโยธาธิการและผังเมืองเห็นชอบ กรณีที่ยังไม่มีมาตรฐานในเรื่องดังกล่าว ที่กรมโยธาธิการและผังเมืองเห็นชอบ การออกแบบรายละเอียดโครงสร้างให้มีความเหนียวตามข้อนี้ ให้กระทำโดยนิติบุคคลซึ่งได้รับใบอนุญาตประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุมหรือได้รับการรับรอง โดยนิติบุคคลซึ่งได้รับใบอนุญาตประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม โดยนิติบุคคลนั้นต้องมีวิศวกรระดับวุฒิวิศวกร สาขาวิศวกรรมโยธา ตามกฎหมายว่าด้วยวิศวกร เป็นผู้ให้คำแนะนำปรึกษาและลงลายมือชื่อรับรองการออกแบบนั้น

ประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหว

- การออกแบบแยกเป็น 2 กรณี

บริเวณที่ 1

ต้องออกแบบให้มีความเหนียวอย่างน้อยตามที่กำหนดในข้อ 26 หรือ ข้อ 27 โดยไม่จำเป็นต้องคำนวณแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหว

บริเวณที่ 2 และ 3

ต้องออกแบบให้มีความเหนียวอย่างน้อยตามที่กำหนดในข้อ 26 หรือ ข้อ 27 และต้องพิจารณาประเภทความสำคัญของอาคาร และ ความรุนแรงของแผ่นดินไหว ณ ที่ตั้งอาคาร ต้องคำนวณยกเว้นประเภท ก

การแบ่งประเภทการออกแบบ

ตารางที่ ๑ การแบ่งประเภทการออกแบบด้านทานแผ่นดินไหวโดยพิจารณาจากค่า S_{DS}

ค่า S_{DS}	ประเภทการออกแบบด้านทานแผ่นดินไหว		
	ประเภทความสำคัญ I (น้อย) หรือ II (ปกติ)	ประเภทความสำคัญ III (มาก)	ประเภทความสำคัญ IV (สูงมาก)
$S_{DS} < 0.067$	ก (ไม่จำเป็นต้องคำนวณแรง)	ก (ไม่จำเป็นต้องคำนวณแรง)	ก (ไม่จำเป็นต้องคำนวณแรง)
$0.067 \leq S_{DS} < 0.33$	ข	ข	ค
$0.33 \leq S_{DS} < 0.50$	ค	ค	ง
$0.50 \leq S_{DS}$	ง	ง	ง

ตารางที่ ๒ การแบ่งประเภทการออกแบบด้านทานแผ่นดินไหวโดยพิจารณาจากค่า S_{D1}

ค่า S_{D1}	ประเภทการออกแบบด้านทานแผ่นดินไหว		
	ประเภทความสำคัญ I (น้อย) หรือ II (ปกติ)	ประเภทความสำคัญ III (มาก)	ประเภทความสำคัญ IV (สูงมาก)
$S_{D1} < 0.067$	ก (ไม่จำเป็นต้องคำนวณแรง)	ก (ไม่จำเป็นต้องคำนวณแรง)	ก (ไม่จำเป็นต้องคำนวณแรง)
$0.067 \leq S_{D1} < 0.33$	ข	ข	ค
$0.33 \leq S_{D1} < 0.50$	ค	ค	ง
$0.50 \leq S_{D1}$	ง	ง	ง

การจำแนกประเภทความสำคัญ

ประเภทของอาคาร	ประเภทความสำคัญ
(๑) อาคารและโครงสร้างอื่น ๆ ที่มีปัจจัยเสี่ยงอันตรายต่อชีวิตมนุษย์ค่อนข้างน้อย เมื่อเกิดการพังทลายของอาคารหรือส่วนโครงสร้างนั้น ๆ เช่น อาคารที่เกี่ยวข้องกับการเกษตร อาคารชั่วคราว อาคารเก็บของเล็ก ๆ ซึ่งไม่มีความสำคัญ เป็นต้น	I (น้อย)
(๑) อาคารและโครงสร้างอื่น ๆ ที่ไม่จัดอยู่ในอาคารประเภทความสำคัญ I (น้อย) III (มาก) และ IV (สูงมาก)	II (ปกติ)
(๑) โรงมหรสพ หอประชุม ศาสนสถาน สนามกีฬา อัฒจันทร์ สถานีขนส่งสถานบริการ หรือท่าจอดเรือ ที่มีพื้นที่อาคารตั้งแต่หกร้อยตารางเมตรขึ้นไป (๒) หอศิลป์ พิพิธภัณฑ์สถาน หรือสถานศึกษา ที่มีพื้นที่อาคารตั้งแต่หนึ่งพันตารางเมตรขึ้นไป (๓) หอสมุด ที่มีพื้นที่อาคารตั้งแต่สองพันตารางเมตรขึ้นไป (๔) ตลาด ห้างสรรพสินค้า หรือศูนย์การค้า ที่มีพื้นที่อาคารตั้งแต่หนึ่งพันห้าร้อยตารางเมตรขึ้นไป (๕) สถานรับเลี้ยงเด็กอ่อน สถานให้บริการดูแลผู้สูงอายุ หรือสถานสงเคราะห์ผู้สูงอายุ ที่มีพื้นที่อาคารตั้งแต่สามร้อยตารางเมตรขึ้นไป (๖) สถานพยาบาลที่รับผู้ป่วยไว้ค้างคืนที่ไม่สามารถทำการรักษากรณีฉุกเฉินได้ (๗) เรือนจำตามกฎหมายว่าด้วยราชทัณฑ์ (๘) อาคารที่ทำการของส่วนราชการ รัฐวิสาหกิจ หรือหน่วยงานของรัฐ ที่จัดตั้งขึ้นตามกฎหมาย ที่มีพื้นที่สาธารณะตั้งแต่หนึ่งพันตารางเมตรขึ้นไป (๙) อาคารที่เป็นที่ชุมนุมในพื้นที่ย่อย ๆ ได้ตั้งแต่สามร้อยคนขึ้นไป (๑๐) อาคารประเภทอื่น ๆ ที่สามารถรองรับผู้มาใช้สอยอาคารได้ตั้งแต่ห้าพันคนขึ้นไป	III (มาก)

ประเภทของอาคาร	ประเภทความสำคัญ
(๑) อาคารที่จำเป็นต่อการช่วยเหลือและบรรเทาภัยหลังเกิดเหตุการณ์แผ่นดินไหว ได้แก่ สถานพยาบาลที่รับผู้ป่วยไว้ค้างคืนที่สามารถทำการรักษากรณีฉุกเฉินได้ สถานีดับเพลิง อาคารศูนย์บรรเทาสาธารณภัย อาคารศูนย์สื่อสาร ท่าอากาศยาน โรงไฟฟ้า หรือโรงผลิตและเก็บน้ำประปา (๒) คลังสินค้าที่ใช้เป็นสถานที่เก็บรักษาวัตถุดิบตามกฎหมายว่าด้วยวัตถุดิบรายประเภทวัตถุระเบิด วัตถุไวไฟ วัตถุมีพิษ หรือวัตถุเคมีอันตราย	IV (สูงมาก)

ค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมสำหรับการออกแบบ

ตารางที่ ก-๑ ค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมที่คาบสั้น ๐.๒ วินาที (S_s) และ ที่คาบ ๑ วินาที (S_1) ของ แผ่นดินไหวรุนแรงสูงสุดที่พิจารณา

จังหวัด	อำเภอ	ค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัม	
		S_s	S_1
กระบี่	เกาะลันตา	๐.๑๔๓	๐.๐๘๙
	เขาพนม	๐.๒๒๗	๐.๑๐๘
	คลองท่อม	๐.๑๔๗	๐.๑๒๙
	ปลายพระยา	๐.๒๖๓	๐.๑๐๐
	เมืองกระบี่	๐.๒๑๘	๐.๑๐๕
	ลำทับ	๐.๑๕๘	๐.๐๙๐
	เหนือคลอง	๐.๑๙๕	๐.๐๘๘
	อ่าวลึก	๐.๒๖๗	๐.๑๑๐
กรุงเทพมหานคร	(ทั้งจังหวัด)	แอ่งกรุงเทพ ไชน ๕	
กาญจนบุรี	ด่านมะขามเตี้ย	๐.๘๖๒	๐.๓๑๖
	ทองผาภูมิ	๐.๗๒๘	๐.๒๐๐
	ท่าม่วง	๐.๘๐๒	๐.๒๗๕
	ท่ามะกา	๐.๔๘๑	๐.๑๕๔
	ไทรโยค	๐.๗๔๗	๐.๒๑๐
	บ่อพลอย	๐.๖๕๙	๐.๑๙๗
	พนมทวน	๐.๔๕๒	๐.๑๓๖
	...	...	...
จังหวัด	อำเภอ	ค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัม	
		S_s	S_1
ชัยนาท (ต่อ)	มโนรมย์	๐.๑๕๐	๐.๐๖๙
	เมืองชัยนาท	๐.๑๗๐	๐.๐๗๕
	วัดสิงห์	๐.๒๐๗	๐.๐๘๓
	สรรคบุรี	๐.๑๖๑	๐.๐๗๓
	สรรพยา	๐.๑๒๖	๐.๐๖๔
ชุมพร	หันคา	๐.๒๒๐	๐.๐๘๘
	ท่าแซะ	๐.๑๐๘	๐.๐๗๘
	ทุ่งตะโก	๐.๑๖๐	๐.๐๗๙
	ปะทิว	๐.๐๙๗	๐.๐๗๕
	พะโต๊ะ	๐.๒๘๖	๐.๐๙๓
	เมืองชุมพร	๐.๑๒๐	๐.๐๘๐
	ละแม	๐.๑๘๘	๐.๐๘๒
	สวี	๐.๑๔๙	๐.๐๘๐
เชียงราย	หลังสวน	๐.๑๘๐	๐.๐๘๒
	ขุนตาล	๐.๗๖๙	๐.๑๗๕
	เชียงของ	๐.๗๙๖	๐.๒๐๒
	เชียงแสน	๐.๙๘๔	๐.๒๙๖
	ดอยหลวง	๑.๐๑๕	๐.๓๒๙
	เทิง	๐.๗๖๓	๐.๑๖๐
	ป่าแดด	๐.๗๗๒	๐.๑๕๗
	...	...	...

ยกเว้นในพื้นที่แอ่งกรุงเทพ

ค่าความเร่งตอบสนองที่แสดงในตารางนี้ได้มาจากการวิเคราะห์ ความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหว โดยสมมติให้สภาพชั้นดินในทุกๆพื้นที่เป็นแบบดินแข็งหรือหิน ที่มีความเร็วคลื่นเฉือนโดยเฉลี่ยในช่วงจากผิว ดินถึงความลึก 30 เมตร เท่ากับ 760 เมตรต่อวินาที

ประเภทชั้นดิน แบ่งออกเป็น 6 ประเภท

- A หินแข็ง
- B หิน
- C ดินแข็ง
- D ดินปกติ ใช้ค่านี้ในกรณีไม่มีข้อมูลดิน
- E ดินอ่อน
- F ดินที่มีลักษณะพิเศษ

การปรับแก้ค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัม

$$S_{MS} = F_a S_s \quad (\text{ก-๑})$$

$$S_{M1} = F_v S_1 \quad (\text{ก-๒})$$

โดยที่ S_{MS} คือ ค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมที่คาบการสั่น ๐.๒ วินาที ที่ถูกปรับแก้เนื่องจากผลของชั้นดิน ณ ที่ตั้งอาคาร

S_{M1} คือ ค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมที่คาบการสั่น ๑.๐ วินาที ที่ถูกปรับแก้เนื่องจากผลของชั้นดิน ณ ที่ตั้งอาคาร

F_a คือ สัมประสิทธิ์สำหรับชั้นดิน ณ ที่ตั้งอาคาร สำหรับคาบการสั่น ๐.๒ วินาที

F_v คือ สัมประสิทธิ์สำหรับชั้นดิน ณ ที่ตั้งอาคาร สำหรับคาบการสั่น ๑ วินาที

การปรับแก้ค่า
ความเร่งตอบสนอง
เชิงสเปกตรัม

ตารางที่ ก-๒ ค่าสัมประสิทธิ์สำหรับชั้นดินที่ ณ ที่ตั้งอาคาร F_d

ประเภทของ ชั้นดิน	ความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมของแผ่นดินไหวรุนแรงสูงสุดที่พิจารณาที่คาบ ๐.๒ วินาที				
	$S_s \leq 0.25$	$S_s = 0.50$	$S_s = 0.75$	$S_s = 1.00$	$S_s \geq 1.25$
A	๐.๘	๐.๘	๐.๘	๐.๘	๐.๘
B	๑.๐	๑.๐	๑.๐	๑.๐	๑.๐
C	๑.๒	๑.๒	๑.๑	๑.๐	๑.๐
D	๑.๖	๑.๔	๑.๒	๑.๑	๑.๐
E	๒.๕	๑.๗	๑.๒	๐.๙	๐.๙
F	จำเป็นต้องทำการวิเคราะห์การตอบสนองของดินเป็นกรณี ๆ ไป				

ตารางที่ ก-๓ ค่าสัมประสิทธิ์สำหรับชั้นดิน ณ ที่ตั้งอาคาร F_v

ประเภทของ ชั้นดิน	ความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมของแผ่นดินไหวรุนแรงสูงสุดที่พิจารณาที่คาบ ๑.๐ วินาที				
	$S_1 \leq 0.10$	$S_1 = 0.20$	$S_1 = 0.30$	$S_1 = 0.40$	$S_1 \geq 0.50$
A	๐.๘	๐.๘	๐.๘	๐.๘	๐.๘
B	๑.๐	๑.๐	๑.๐	๑.๐	๑.๐
C	๑.๗	๑.๖	๑.๕	๑.๔	๑.๓
D	๒.๔	๒.๐	๑.๘	๑.๖	๑.๕
E	๓.๕	๓.๒	๒.๘	๒.๔	๒.๔
F	จำเป็นต้องทำการวิเคราะห์การตอบสนองของดินเป็นกรณี ๆ ไป				

การปรับแก้ค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมสำหรับออกแบบ

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \quad (\text{ก-๓})$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \quad (\text{ก-๔})$$

Sds Sd1 ในแอ่งกรุงเทพ

ตารางที่ ก-๕ ค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมสำหรับการคำนวณแรงแผ่นดินไหวด้วยวิธีแรงสถิตเทียบเท่าสำหรับพื้นที่ในโซนต่าง ๆ (อัตราส่วนความหน่วง ๕.๐%) ของพื้นที่ในแอ่งกรุงเทพ

S_a โซน	S_a (๐.๐๑s)	S_{Ds} (๐.๒ s)	S_a (๐.๕ s)	S_{D1} (๑.๐s)	S_a (๒.๐ s)	S_a (๓.๐ s)	S_a (๔.๐ s)	S_a (๕.๐ s)	S_a (๖.๐ s)
๑	๐.๓๖๐	๐.๓๖๐	๐.๓๖๐	๐.๑๘๑	๐.๐๘๕	๐.๐๔๑	๐.๐๓๔	๐.๐๒๔	๐.๐๒๒
๒	๐.๓๕๒	๐.๓๕๒	๐.๓๕๒	๐.๑๙๓	๐.๑๕๑	๐.๐๘๔	๐.๐๔๗	๐.๐๓๐	๐.๐๒๔
๓	๐.๒๖๒	๐.๒๖๒	๐.๒๖๒	๐.๒๖๕	๐.๑๖๖	๐.๐๘๕	๐.๐๕๒	๐.๐๓๕	๐.๐๒๖
๔	๐.๒๘๗	๐.๒๘๗	๐.๒๘๗	๐.๒๐๗	๐.๑๖๓	๐.๐๗๘	๐.๐๓๒	๐.๐๒๓	๐.๐๒๐
๕	๐.๑๙๑	๐.๑๙๑	๐.๑๙๑	๐.๑๙๙	๐.๑๖๘	๐.๐๙๔	๐.๐๕๓	๐.๐๓๗	๐.๐๒๘
๖	๐.๒๗๒	๐.๒๗๒	๐.๒๗๒	๐.๑๕๔	๐.๑๕๐	๐.๐๗๗	๐.๐๔๒	๐.๐๓๓	๐.๐๒๖
๗	๐.๒๔๖	๐.๒๔๖	๐.๒๔๖	๐.๑๘๑	๐.๑๓๒	๐.๐๘๔	๐.๐๕๑	๐.๐๓๖	๐.๐๓๐

การแบ่งประเภทการออกแบบ

ตารางที่ ๑ การแบ่งประเภทการออกแบบด้านทานแผ่นดินไหวโดยพิจารณาจากค่า S_{DS}

ค่า S_{DS}	ประเภทการออกแบบด้านทานแผ่นดินไหว		
	ประเภทความสำคัญ I (น้อย) หรือ II (ปกติ)	ประเภทความสำคัญ III (มาก)	ประเภทความสำคัญ IV (สูงมาก)
$S_{DS} < 0.067$	ก (ไม่จำเป็นต้องคำนวณแรง)	ก (ไม่จำเป็นต้องคำนวณแรง)	ก (ไม่จำเป็นต้องคำนวณแรง)
$0.067 \leq S_{DS} < 0.33$	ข	ข	ค
$0.33 \leq S_{DS} < 0.50$	ค	ค	ง
$0.50 \leq S_{DS}$	ง	ง	ง

ตารางที่ ๒ การแบ่งประเภทการออกแบบด้านทานแผ่นดินไหวโดยพิจารณาจากค่า S_{D1}

ค่า S_{D1}	ประเภทการออกแบบด้านทานแผ่นดินไหว		
	ประเภทความสำคัญ I (น้อย) หรือ II (ปกติ)	ประเภทความสำคัญ III (มาก)	ประเภทความสำคัญ IV (สูงมาก)
$S_{D1} < 0.067$	ก (ไม่จำเป็นต้องคำนวณแรง)	ก (ไม่จำเป็นต้องคำนวณแรง)	ก (ไม่จำเป็นต้องคำนวณแรง)
$0.067 \leq S_{D1} < 0.33$	ข	ข	ค
$0.33 \leq S_{D1} < 0.50$	ค	ค	ง
$0.50 \leq S_{D1}$	ง	ง	ง

การคำนวณ แรงสั่นสะเทือนของ แผ่นดินไหว

- 1.วิธีแรงสถิตเทียบเท่า
- 2.วิธีสเปกตรัมการตอบสนองแบบโหมด
- 3.วิธีวิเคราะห์การตอบสนองแบบประวัติเวลา

เงื่อนไขของการคำนวณวิธีแรงสถิตเทียบเท่า

(๑) สำหรับการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหวประเภท ข และประเภท ค ตามข้อ ๗ สามารถใช้ได้กับอาคารทุกประเภทและทุกขนาด

(๒) สำหรับการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหวประเภท ง ตามข้อ ๗ สามารถใช้ได้ภายใต้เงื่อนไข ดังต่อไปนี้

(ก) อาคารที่มีความสูงไม่เกินสามชั้น และมีประเภทความสำคัญของอาคาร I (น้อย) หรือ II (ปกติ)

(ข) อาคารที่มีความสูงไม่เกินห้าสิบเมตร และมีรูปทรงโครงสร้างสม่ำเสมอ

(ค) อาคารที่มีความสูงไม่เกินห้าสิบเมตร และมีรูปทรงโครงสร้างไม่สม่ำเสมอในแนวระนาบแบบ ๒ แบบ ๓ แบบ ๔ หรือแบบ ๕ หรือในแนวดิ่งแบบ ๔ แบบ ๕ก หรือ ๕ข ตามผนวก ข ท้ายประกาศนี้

(ง) อาคารนอกแอ่งกรุงเทพมหานครที่มีรูปทรงโครงสร้างสม่ำเสมอที่สูงเกินห้าสิบเมตร และมีคาบการสั่นพื้นฐานน้อยกว่า $3.5T_s$

วิธีรวมผลของแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว

(ก) สำหรับการออกแบบโดยวิธีตัวคูณความต้านทานและน้ำหนักบรรทุก

$$0.75(1.4D + 1.7L) + 1.0E \quad (\text{สมการ ๑})$$

$$0.9D + 1.0E \quad (\text{สมการ ๒})$$

(ข) สำหรับการออกแบบโดยวิธีหน่วยแรงที่ยอมให้

$$1.0D + 0.7E \quad (\text{สมการ ๓})$$

$$1.0D + 0.525E + 0.75L \quad (\text{สมการ ๔})$$

$$0.6D + 0.7E \quad (\text{สมการ ๕})$$

การรวมผลของแรงที่ค้ำึงของกำลังส่วนเกินของโครงสร้าง

การคำนวณแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหวโดยวิธีแรงสถิตเทียบเท่า

แรงเฉือนพื้นฐานอาคาร หน่วยเป็นนิวตัน $V = C_s W$

C_s คือ สัมประสิทธิ์ผลตอบสนองแรงแผ่นดินไหว

W คือ น้ำหนักโครงสร้างประสิทธิผลของอาคาร (นิวตัน)

การคำนวณแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหวโดยวิธีแรงสถิตเทียบเท่า

ข้อ ๑๙ ค่าสัมประสิทธิ์ผลตอบสนองแรงแผ่นดินไหว (C_s) คำนวณจาก

$$C_s = S_a \left(\frac{I}{R} \right) \quad (\text{สมการ ๑๒})$$

โดยที่ S_a คือ ค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมสำหรับการออกแบบ ที่คาบการสั่นพื้นฐานของอาคารจากรูปที่ ก-๑ รูปที่ ก-๒ หรือรูปที่ ก-๖

R คือ ตัวประกอบปรับผลตอบสนอง ตามที่กำหนดในผนวก ง ท้ายประกาศนี้

I คือ ตัวประกอบความสำคัญของอาคาร ตามที่กำหนดในข้อ ๒๓

หาก C_s ที่คำนวณได้มีค่าน้อยกว่า ๐.๐๑ ให้ใช้ค่า ๐.๐๑

ค่าคาบการสั่นพื้นฐาน Fundamental Period, T

วิธี ก

คาบการสั่นพื้นฐาน (หน่วยเป็นวินาที) สามารถคำนวณจากสูตรการประมาณค่า ดังนี้

อาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก $T = 0.02H$ (สมการ ๑๓)

อาคารโครงสร้างเหล็ก $T = 0.03H$ (สมการ ๑๔)

โดยที่ H คือ ความสูงของอาคารวัดจากพื้นดิน (เมตร)

วิธี ข

คาบการสั่นพื้นฐาน (หน่วยเป็นวินาที) สามารถคำนวณจากลักษณะการกระจายมวล (หรือน้ำหนัก) ภายในอาคาร และสถิติของระบบโครงสร้างด้านแรงต้านข้างของอาคาร ด้วยวิธีการวิเคราะห์ที่เหมาะสม และค่าคาบการสั่นพื้นฐานที่คำนวณได้จากวิธี ข จะต้องไม่เกิน ๑.๕ เท่าของค่าที่คำนวณได้จากวิธี ก

ค่าคาบการสั่นพื้นฐาน อาจคำนวณจากสมการดังนี้

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (w_i \delta_i^2)}{g \sum_{i=1}^n (F_i \delta_i)}} \quad (\text{สมการ ๑๕})$$

โดยที่ F_i คือ แรงสถิติเทียบเท่าที่กระทำต่อชั้นที่ i (นิวตัน)

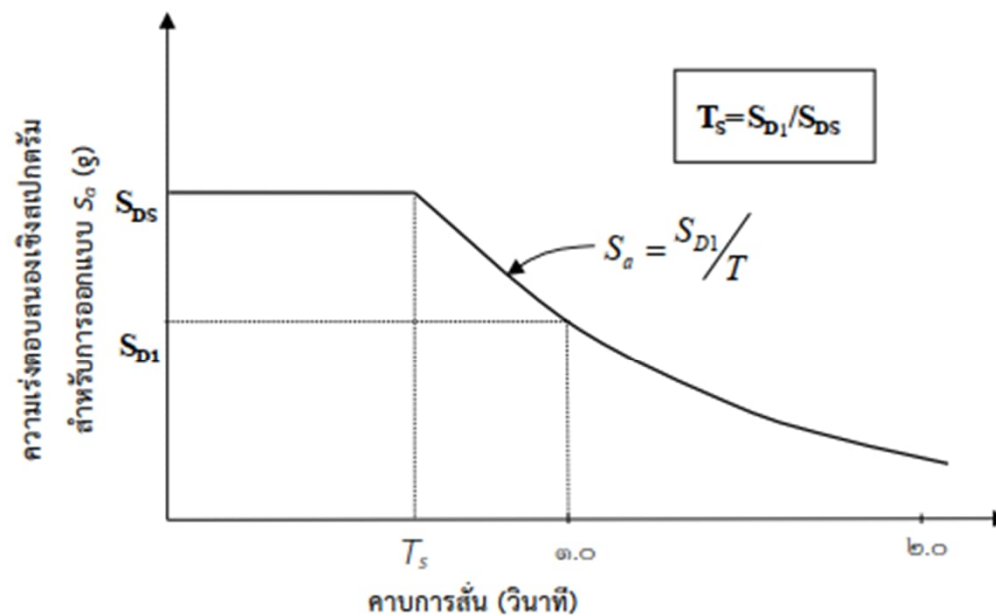
δ_i คือ การเคลื่อนตัวในแนวราบของอาคารที่ชั้นที่ i ไม่รวมผลของการบิด ้น ตำแหน่งศูนย์กลางมวลของชั้นที่เกิดจากแรงสถิติเทียบเท่า (เมตร)

g คือ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงโลก เท่ากับ ๙.๘๐๖ เมตร/วินาที^๒

n คือ จำนวนชั้นของอาคาร

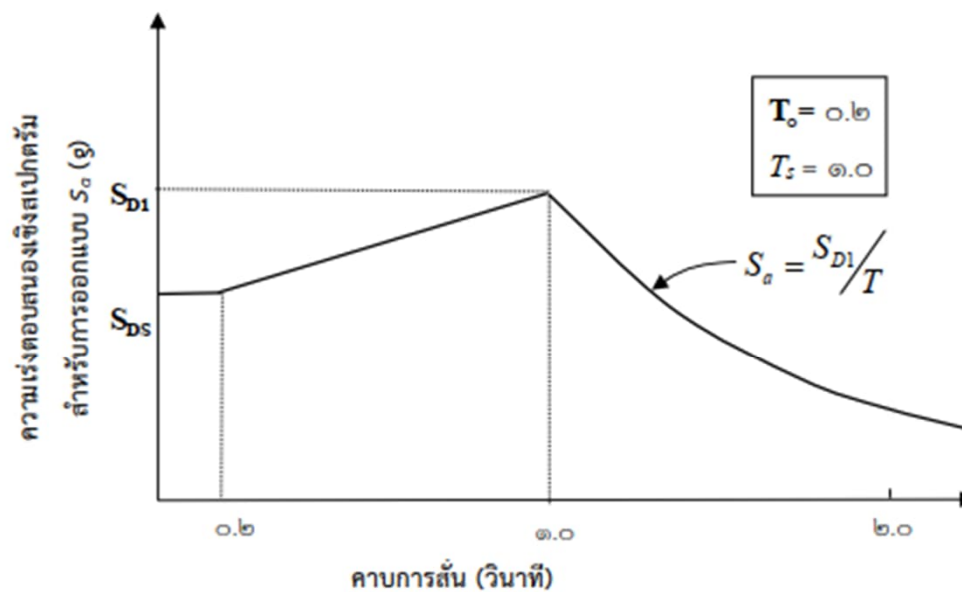
w_i คือ น้ำหนักโครงสร้างประสิทธิผลของชั้นที่ i (นิวตัน)

การหาค่า S_a นอกแอ่ง กรุงเทพ



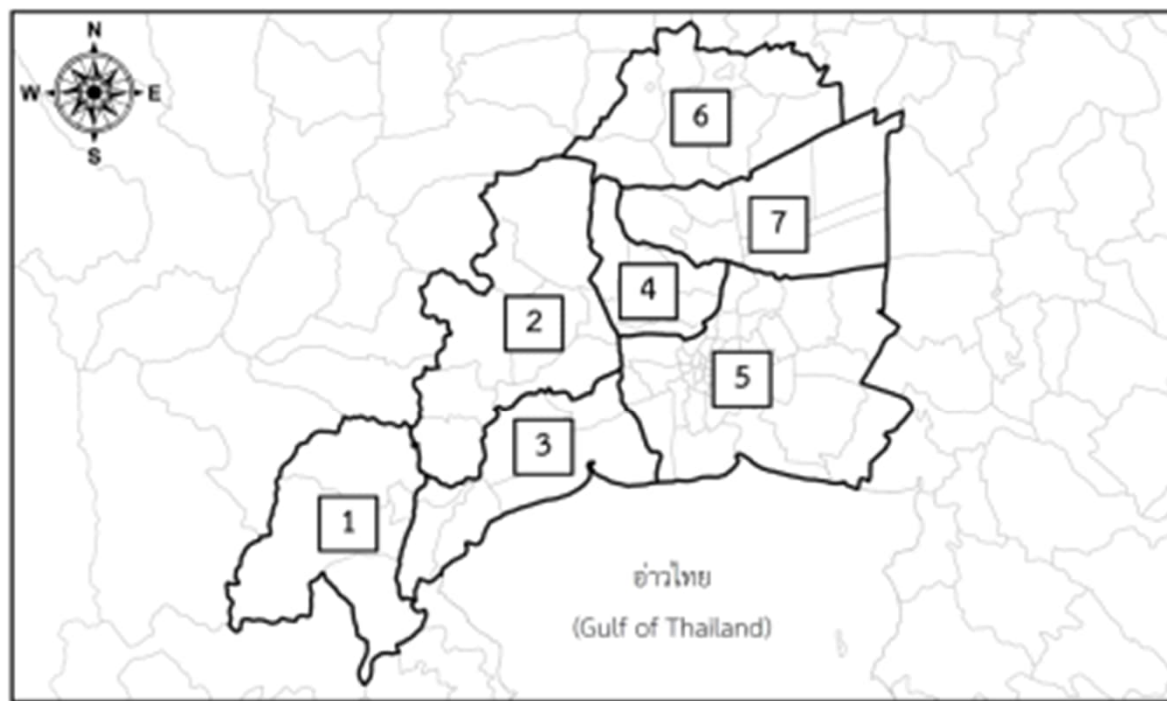
รูปที่ ก-๑ ความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมสำหรับการคำนวณแรงแผ่นดินไหวด้วยวิธีแรงสถิตเทียบเท่า
สำหรับพื้นที่นอกแอ่งกรุงเทพ ที่มีค่า $S_{D1} \leq S_{DS}$

การหาค่า S_a นอกแอ่ง กรุงเทพ



รูปที่ ก-๒ ความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมสำหรับการคำนวณแรงแผ่นดินไหวด้วยวิธีแรงสถิตเทียบเท่า สำหรับพื้นที่นอกแอ่งกรุงเทพ ที่มีค่า $S_{D1} > S_{Ds}$

การหาค่า Sa แห่ง กรุงเทพ



แผนที่แสดงการแบ่งโซนพื้นที่แอ่งกรุงเทพฯ เพื่อการออกแบบ อาคารด้านทานแผ่นดินไหว

การหาค่า Sa แห่ง กรุงเทพ

โซน 1

จังหวัดเพชรบุรี

- อ.เขาย้อย

จังหวัดราชบุรี

- อ.ปากท่อ
- อ.วัดเพลง
- อ.เมืองราชบุรี

โซน 2

จังหวัดราชบุรี

- อ.ดำเนินสะดวก

โซน 4

จังหวัดนนทบุรี

(ทั้งจังหวัด)

โซน 5

จังหวัดกรุงเทพมหานคร

(ทั้งจังหวัด)

จังหวัดสมุทรปราการ

(ทั้งจังหวัด)

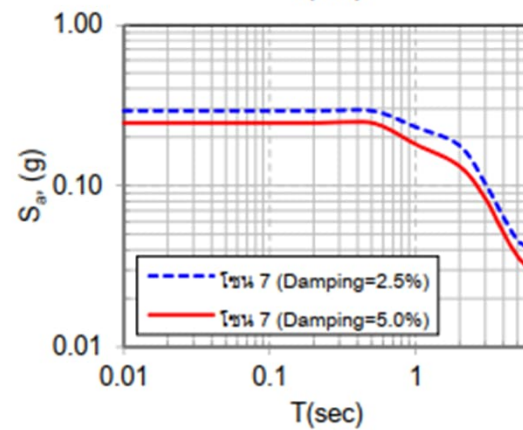
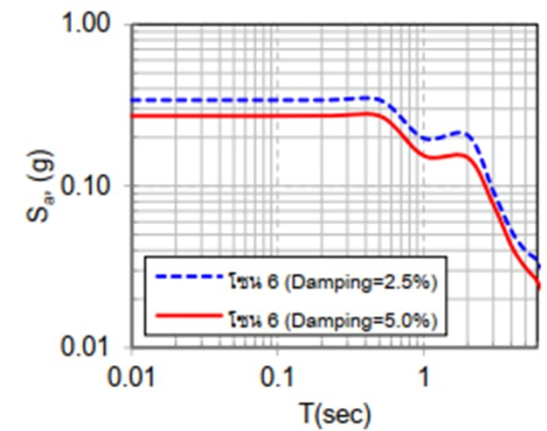
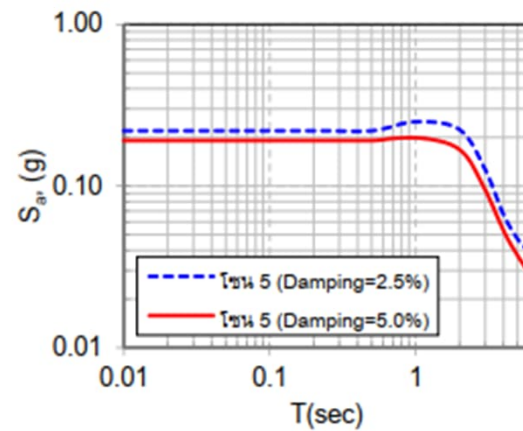
โซน 6

โซน 7

จังหวัดปทุมธานี

- อ.คลองหลวง
- อ.ธัญบุรี
- อ.เมืองปทุมธานี
- อ.ลาดหลุมแก้ว
- อ.ลำลูกกา
- อ.สามโคก
- อ.หนองเสือ

การหาค่า S_a แห่ง กรุงเทพ



รูปที่ ก-๖ ความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมสำหรับการคำนวณแรงแผ่นดินไหวด้วยวิธีแรงสถิตเทียบเท่า
สำหรับโซน ๑-๗ ของพื้นที่ในแอ่งกรุงเทพ

การคำนวณแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหวโดยวิธีแรงสถิตเทียบเท่า

ข้อ ๑๙ ค่าสัมประสิทธิ์ผลตอบสนองแรงแผ่นดินไหว (C_s) คำนวณจาก

$$C_s = S_a \left(\frac{I}{R} \right) \quad (\text{สมการ ๑๒})$$

โดยที่ S_a คือ ค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมสำหรับการออกแบบ ที่คาบการสั่นพื้นฐานของอาคารจากรูปที่ ก-๑ รูปที่ ก-๒ หรือรูปที่ ก-๖

R คือ ตัวประกอบปรับผลตอบสนอง ตามที่กำหนดในผนวก ง ท้ายประกาศนี้

I คือ ตัวประกอบความสำคัญของอาคาร ตามที่กำหนดในข้อ ๒๓

หาก C_s ที่คำนวณได้มีค่าน้อยกว่า ๐.๐๑ ให้ใช้ค่า ๐.๐๑

การหาค่าตัวประกอบปรับผลตอบแทน Response Modification Factor, R

ผนวก ๔
ระบบโครงสร้างตามประเภทการออกแบบต้านทานแรงแผ่นดินไหว ค่าตัวประกอบปรับผลตอบแทน (Response Modification Factor, R) และตัวประกอบกำลังส่วนเกิน (System Overstrength Factor, Ω_0)

ระบบโครงสร้าง โดยรวม	ระบบต้านแรงด้านข้าง	ค่าตัวประกอบ		ประเภทการ ออกแบบ ต้านทานแรง แผ่นดินไหว		
		R	Ω_0			
				ข	ค	ง
๑. ระบบกำแพงรับ น้ำหนักบรรทุก แนวตั้ง (Bearing Wall System)	กำแพงรับแรงเฉือนแบบธรรมดา (Ordinary Reinforced Concrete Shear Wall)	๔	๒.๕	√	√	*
	กำแพงรับแรงเฉือนแบบที่มีการให้รายละเอียดพิเศษ (Special Reinforced Concrete Shear Wall)	๕	๒.๕	√	√	√
	กำแพงรับแรงเฉือนหล่อสำเร็จแบบธรรมดา (Ordinary Precast Shear Wall)	๓	๒.๕	√	X	X
	กำแพงรับแรงเฉือนหล่อสำเร็จแบบที่มีการให้ รายละเอียดความเหนียวปานกลาง (Intermediate Precast Shear Wall)	๔	๒.๕	√	√	X
๒.ระบบโครงอาคาร (Building Frame System)	โครงแกนเหล็กแบบเอียงศูนย์ที่ใช้จุดต่อแบบรับ แรงดัดได้ (Steel Eccentrically Braced Frame with Moment-Resisting Connections)	๘	๒	√	√	√
	โครงแกนเหล็กแบบเอียงศูนย์ที่ใช้จุดต่อแบบรับ แรงเฉือน (Steel Eccentrically Braced Frame with Non- Moment-Resisting Connections)	๗	๒	√	√	√
	โครงแกนเหล็กแบบตรงศูนย์แบบให้รายละเอียด พิเศษ (Special Steel Concentric Braced Frame)	๖	๒	√	√	√
	โครงแกนเหล็กแบบตรงศูนย์แบบธรรมดา (Ordinary Steel Concentric Braced Frame)	๓.๕	๒	√	√	X
	กำแพงรับแรงเฉือนแบบที่มีการให้รายละเอียดพิเศษ (Special Reinforced Concrete Shear Wall)	๖	๒.๕	√	√	√
	กำแพงรับแรงเฉือนแบบธรรมดา (Ordinary Reinforced Concrete Shear Wall)	๕	๒.๕	√	√	*

ค่าตัวประกอบความสำคัญของอาคาร |

ประเภทความสำคัญ	ค่าตัวประกอบความสำคัญ
ประเภทความสำคัญ I (น้อย)	๑.๐๐
ประเภทความสำคัญ II (ปกติ)	๑.๐๐
ประเภทความสำคัญ III (มาก)	๑.๒๕
ประเภทความสำคัญ IV (สูงมาก)	๑.๕๐

การคำนวณแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหวโดยวิธีแรงสถิตเทียบเท่า

ข้อ ๑๙ ค่าสัมประสิทธิ์ผลตอบสนองแรงแผ่นดินไหว (C_s) คำนวณจาก

$$C_s = S_a \left(\frac{I}{R} \right) \quad (\text{สมการ ๑๒})$$

โดยที่ S_a คือ ค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมสำหรับการออกแบบ ที่คาบการสั่นพื้นฐานของอาคารจากรูปที่ ก-๑ รูปที่ ก-๒ หรือรูปที่ ก-๖

R คือ ตัวประกอบปรับผลตอบสนอง ตามที่กำหนดในผนวก ง ท้ายประกาศนี้

I คือ ตัวประกอบความสำคัญของอาคาร ตามที่กำหนดในข้อ ๒๓

หาก C_s ที่คำนวณได้มีค่าน้อยกว่า ๐.๐๑ ให้ใช้ค่า ๐.๐๑

แรงเฉือนที่ฐานอาคาร หน่วยเป็นนิวตัน

$$V = C_s W$$

การกระจายแรงเฉือนที่ฐานไปสู่ชั้นต่าง

ข้อ ๒๔ การกระจายแรงเฉือนที่ฐานเป็นแรงกระทำด้านข้างต่ออาคารในชั้นต่าง ๆ (F_x มีหน่วยเป็นนิวตัน) ให้คำนวณจาก

$$F_x = C_{vx} V \quad (\text{สมการ ๑๖})$$

และ

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k} \quad (\text{สมการ ๑๗})$$

โดยที่ C_{vx}	คือ	ตัวประกอบการกระจายในแนวดิ่ง
w_i และ w_x	คือ	น้ำหนักโครงสร้างประสิทธิผลของชั้น i และ x ตามลำดับ (นิวตัน)
h_i และ h_x	คือ	ความสูงที่ระดับชั้น i และ x ตามลำดับ (เมตร)
k	คือ	ค่าสัมประสิทธิ์ที่กำหนดรูปแบบการกระจายแรง ซึ่งมีค่าดังนี้
	$k=1.0$	เมื่อ $T \leq 0.5$ วินาที
	$k=1+\frac{T-0.5}{2}$	เมื่อ $0.5 < T < 2.5$ วินาที
	$k=2.0$	เมื่อ $T \geq 2.5$ วินาที

จบครับ