

ภาคผนวก 9

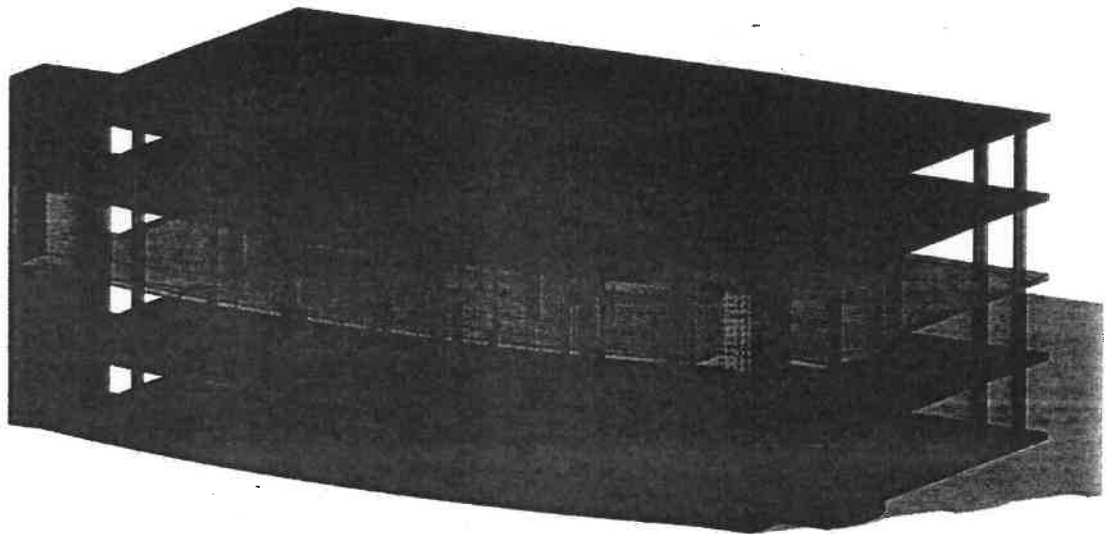
รายการคำนวณโครงสร้างอาคาร ด้านแผ่นดินไหว

รายงานการคำนวณแรงแผ่นดินไหว

โครงการ

อนันตราเกาะยาวใหญ่ รีสอร์ท แอนด์ วิลล่า

อาคารโรงแรม คสล. 4 ชั้น



รายการคำนวณโครงสร้างออกแบบอาคาร

เพื่อป้องกันการเกิดแผ่นดินไหว

A handwritten signature in black ink, located at the bottom right of the page. The signature is stylized and appears to be the name of the author, Mr. Prasat Kawjart.

รายงานการคำนวณแรงแผ่นดินไหว

โครงการ

อนันตราเกาะยาวใหญ่ รีสอร์ท แอนด์ วิลล่า

อาคารพักรวมอาศัย คสล. 4 ชั้น

เจ้าของโครงการ

บริษัท ศรญา ดีเวลลอปเม้นท์ จำกัด

สถานที่

ตำบลเกาะยาวใหญ่ อำเภอยาว จังหวัดพังงา

ด้วยวิธีแรงสถิตเทียบเท่า

ตามกฎหมายกระทรวง กำหนดการรับน้ำหนัก ความต้านทาน
ความคงทนของอาคาร และพื้นดินที่รองรับอาคารในการ
ต้านทานแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว พ.ศ.2564

สมมุติฐานที่ใช้ในการคำนวณ

- 1.1 การคำนวณแรงแผ่นดินไหว จะใช้วิธีแรงสถิตศาสตร์เทียบเท่า (Equivalent static-force method) ตามกฎกระทรวง กำหนดการรับน้ำหนัก ความต้านทาน ความคงทนของอาคาร และพื้นดินที่รองรับอาคารในการต้านทานแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว ปี พ.ศ.2565
- 1.2 อาคารที่ก่อสร้างในเขตพื้นที่จังหวัดภูเก็ต จังหวัดพังงา ถูกจัดให้อยู่ใน “บริเวณเฝ้าระวัง” ตามกฎกระทรวง กำหนดการรับน้ำหนัก ความต้านทาน ความคงทนของอาคาร และพื้นดินที่รองรับอาคารในการต้านทานแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว ปี พ.ศ.2565 หมายความว่า พื้นที่หรือบริเวณดังกล่าวที่เป็นดินอ่อนมากที่อาจได้รับผลกระทบจากแผ่นดินไหวระยะไกล



รูปที่ 1 แผนที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคาร

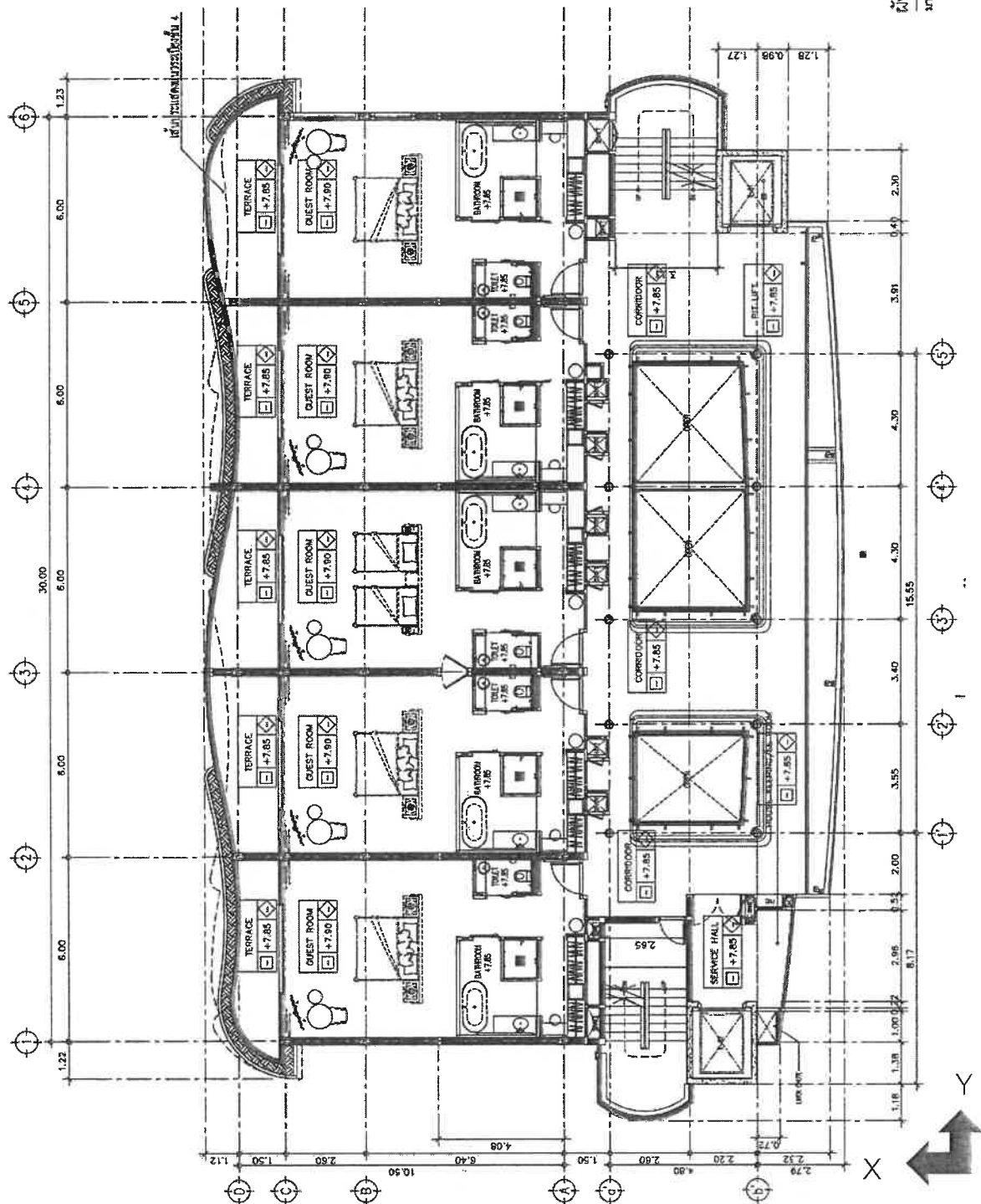


MC 504-546175

125

(1915)

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Z/W' or similar, located at the bottom right of the page.



รูปที่ 5 ทิศทางของแรงแผ่นดินไหวที่กระทำกับโครงสร้างอาคาร ชั้น 4th FL.

[Handwritten signature]



ผังพื้นที่ใช้สอย
อาคาร

1 : 125
(ชุด.1)

4

2. การคำนวณน้ำหนักอาคาร

น้ำหนักที่ใช้ในการคำนวณแรงแผ่นดินไหว (W) คือ น้ำหนักของอาคารทั้งหมดรวมทั้ง น้ำหนักของวัสดุอุปกรณ์ที่ยึดติดกับที่โดยไม่รวมน้ำหนักบรรทุกทุกสำหรับอาคารทั่วไป น้ำหนักของแต่ละชั้นจะประกอบไปด้วย เสา พื้น ผนัง กำแพงคอนกรีตเสริมเหล็ก วัสดุปูพื้น การคำนวณ น้ำหนักของชั้นส่วนอาคาร จะมีรายละเอียดตามตารางที่ 1

ข้อมูลอาคาร	ตารางการออกแบบแรงแผ่นดินไหวแบบแรงเทียบเท่า ตามมาตรฐาน (Uniform Building Code) หรือ มยผ.1301-50 ตามกฎกระทรวง พศ.2550, ตามกฎกระทรวง พศ.2565			
	ข้อมูลองค์อาคาร			
	อาคารด้านกว้าง	21.00 m.	อาคารด้านยาว	30.00 m.
	ความสูงอาคารทั้งดิน	12.50 m.	ความสูงต่อชั้น	2.60 m.
	จำนวนชั้นของอาคาร	5 ชั้น	fc	240 Kg/cm ² .
	Es=15120 √fc			235632.31 Kg/cm ²

น้ำหนักกระทำต่ออาคาร	มิติ	พื้น	คาน	เสา	ผนังอิฐ	กำแพง คสล.	วัสดุปูผิว	คาน แกงแนง	อื่นๆ
	กว้าง	0	0.20 m.	0.20 m.	0	0	0	0.20m.	0
	ลึก	0.20 m.	0.40 m.	0.40 m.	0	0.20m.	0	0.40m.	0
	น้ำหนัก	480.0 Kg-m ² .	192.0 Kg-m	192.0 Kg-m	180.0 Kg-m ² .	1,248.0 Kg-m.	50.0Kg- ² .	192.0 Kg-m	0 Kg-m ² .
	น้ำหนักต่อชั้น	302,400.00 kg.	26,864.00 kg	15,974.0 kg.	199,931.80 kg.	24,960.00 kg.	19,126.87kg.	37,094.0 kg.	0
	ความยาวทั้งหมดของผนังอิฐ		509.28 m.	ความยาวทั้งหมดของกำแพง คสล.		20.00 m.	ความยาวทั้งหมดของคานแกงแนง		193.20 m.
	ความยาวทั้งหมดของคาน		192.00 m.	จำนวนเสาทั้งหมด		32 ต้น			
	รมน้ำหนักต่อ 1 ชั้น		619.00 tons.	รมน้ำหนักอาคาร		3,094.80 tons.			

ตารางที่ 1 รายละเอียดข้อมูลของอาคารและน้ำหนักที่กระทำต่ออาคาร

- C คือ ค่าสัมประสิทธิ์
- S คือ สัมประสิทธิ์ของการประสานความถี่ธรรมชาติระหว่างอาคารและ
ชั้นดินที่ตั้งอาคาร
- W คือ น้ำหนักของตัวอาคารทั้งหมดรวมทั้งน้ำหนักของวัสดุอุปกรณ์ซึ่งยึด
ตรึงกับที่โดยไม่รวม น้ำหนักบรรทุกจรสำหรับอาคารทั่วไปหรือน้ำหนัก
ของตัวอาคารทั้งหมด รวมกับร้อยละ 25 ของน้ำหนักบรรทุกจรสำหรับ
โกดังหรือคลังสินค้า

STEP 1. สัมประสิทธิ์ความเข้มของแผ่นดินไหว ค่า (Z)			
Z	บริเวณที่ 1	0.19	กรุงเทพมหานคร, ปริมณฑลและภาคใต้
หมายเหตุ ภาคอีสานและภาคใต้ (ภาคเหนือ, นราธิวาส, ยะลา) ไม่ได้ออกแบบรายละเอียดในแนวพระราชกฤษฎีกาเขต บริเวณ 0			
STEP 2. ตัวคูณเกี่ยวกับการใช้งาน ค่า (I)			
I	1.25		อาคารที่มีคนอยู่ 300 คนหรือครั้งขึ้นไป อาทิ โรงมหรสพ, คอนเสิร์ต, หอพัก
STEP 3. สัมประสิทธิ์การรับแรงในแนวราบ ค่า (K)			
K	K =	I	โครงสร้างทั่วไป
STEP 4. สัมประสิทธิ์ค่าการสั่นไหว (C)			
C	T	$T = 0.09 \sqrt{W(D)}^{0.5}$	0.245
	อาคารทั่วไป เมื่อ hk คือความสูงอาคารและ N คือจำนวนชั้น		
สำหรับโครงสร้างด้านแรงดัดที่มีความเหนียว $T = 0.16N$ เมื่อ N คือจำนวนชั้นของอาคาร			
C =		$\frac{1}{15\sqrt{T}}$	0.12
หาค่า C มากกว่า 0.12 ให้ 0.12			
Step 5 สัมประสิทธิ์การประสานความถี่ธรรมชาติระหว่างอาคารและชั้นดิน (S)			
S	ประเภทชั้นดิน	2.5	ดินอ่อนมาก
	C.S =	0.3	ใช้ค่า CS = 0.14
หาก C.S มากกว่า 0.14 ให้ใช้ค่า 0.14 เว้นแต่กรณีดินอ่อนมาก ด้านหลังดูค่ามากกว่า 0.26 ให้ใช้เท่ากับ 0.26			
Step 7 คำนวณแรงเฉือนพื้นฐาน V			
V	V = ZIKCSW	0.0713W	7.13 % ของน้ำหนักอาคาร
V ที่ฐานอาคาร =		220.66 Tons	
Step 8 การกระจายแรงดัดข้าง Fx			
Fx	เมื่อ T	0.245 < 0.7	R = 0
	เมื่อ T > 0.7	ใช้ค่า R = 0	เมื่อ T < 0.7 ใช้ค่า R = 0
Fx จะลดลงนี้ต้องไม่เกิน 0.25V OK			
$F_x = \frac{(V - F_1)W_x H_x}{\sum_{i=1}^n W_x H_x}$		$V_x = \sum_{i=1}^n F_i$	$M_x = \sum_{i=1}^n F_i H_i - A F_1$
			$M_R = W^*(D/2) = 32,495.80 \text{ Tons-m}$
			ชั้นบนที่ลดลงเป็น 0 เสมอ
			$V_x^* (h \text{ ความสูงระหว่างชั้น}) + M_x \text{ ด้านบน}$

รูปที่ 7 ค่าที่ได้จากการคำนวณแผ่นดินไหว

a. การคำนวณค่า Z

ค่า Z = 0.19 เนื่องจาก

ค่าสัมประสิทธิ์ของความเข้มของแผ่นดินไหว Z ของบริเวณที่ 1 ให้ใช้เท่ากับ 0.19 หรือ
มากกว่า และบริเวณที่ 2 ให้ใช้เท่ากับ 0.38 หรือมากกว่า

b. การคำนวณค่า I

คำนวณค่า I = 1.25 จากตาราง ตัวคูณเกี่ยวกับการใช้อาคาร (2)

<p>โครงข้อแข็งซึ่งมีความเหนียวต้องสามารถต้านแรงในแนวราบได้ทั้งหมด</p> <p>ค) โครงข้อแข็งซึ่งมีความเหนียวร่วมกับกำแพงรับแรงเฉือนหรือโครงแกนต้องสามารถต้านแรงในแนวราบได้ทั้งหมด โดยสัดส่วนของแรงที่กระทำต่อโครงสร้างแต่ละระบบให้เป็นไปตามสัดส่วนความคงตัว (Rigidity) โดยคำนึงถึงการถ่ายเทของแรงระหว่างโครงสร้างทั้งสอง</p>	
<p>4. หอดังน้ำ รองรับด้วยเสาไม่น้อยกว่า 4 ต้น และมีแกนแนยัดและไม่ได้ตั้งอยู่บนอาคาร</p> <p>หมายเหตุ ผลคูณระหว่างค่า K กับค่า C ให้ใช้ค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.12 และค่าสูงสุดเท่ากับ 0.25</p>	2.50
<p>5. โครงอาคารระบบอื่นๆ นอกจากโครงอาคารตาม 1, 2, 3 หรือ 4</p>	1.00

d. การคำนวณค่า S

คำนวณ $S = 1.2$ จากตาราง ค่าสัมประสิทธิ์ของการประสานความถี่ธรรมชาติระหว่างอาคารและชั้นดินที่ตั้งของอาคาร (S)

ลักษณะของชั้นดิน	ค่าของ S
1. หิน	1.0
2. ดินแข็ง	1.2
3. ดินอ่อน	1.5
4. ดินอ่อนมาก	2.5

e. การคำนวณค่า C



W_x, W_t คือ น้ำหนักของพื้นอาคารที่ชั้น x และชั้น i ตามลำดับ

h_x, h_i คือ ความสูงจากระดับพื้นดินถึงชั้นที่ x และพื้นชั้นที่ i ตามลำดับ

$i = 1$ สำหรับพื้นชั้นแรกที่สูงถัดจากพื้นชั้นล่างของอาคาร

x คือ สำหรับพื้นชั้นแรกที่อยู่สูงถัดจากพื้นชั้นล่างของอาคาร

$\sum_{i=1}^n w_i h_i$ คือ ผลรวมของการคูณระหว่างน้ำหนักกับความสูงจากพื้น

ชั้นที่ 1 ถึงชั้นที่ n

n = จำนวนชั้นทั้งหมดของอาคาร

แรงกระทำด้านข้างและแรงเฉือนที่กระทำกับอาคารได้สรุปไว้ในตาราง

Step 10 การเลื่อนตัวสัมพันธ์ระหว่างชั้น Δx							
Δx	$\Delta x = V_u / K$ เมื่อค่า K คือ stiffness ด้านข้างด้านข้าง: stiffness ของเสา $K_{col} = 12EI/h^3$: 549,1295 Tons/Cm. การเคลื่อนตัวสัมพันธ์ Δx ต้องไม่เกิน 0.005 h_x 1.3 Cm						
	Step 11 การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การหักล้าง (Subsy Coefficient)						
8	การพ่วงเชื่อม อาคารแบบที่เกิดจากแรงและการเคลื่อนตัวหรือ P-A Effect ซึ่งเป็นภาระพ่วงเชื่อมค่าโมเมนต์ที่เริ่มขึ้นเนื่องจากน้ำหนักเคลื่อนตัวในแนวราบของระดับชั้นของโครงสร้างแต่ละชั้นคูณกับระยะการพ่วงเชื่อมค่าโมเมนต์ที่เกิดจากแรงเฉือนที่เกิดจากแผ่นดินไหวที่กระทำกับเสาในทิศทางของระดับชั้นของระดับชั้นนั้น หมายเหตุ: ค่าสัมประสิทธิ์ความมั่นคงยัง เป็นอัตราส่วนระหว่างโมเมนต์ที่เพิ่มขึ้นจากการเคลื่อนตัวทางข้างต่อโมเมนต์ที่เกิดแรงแผ่นดินไหว $V_u h_x$ หากมีค่าน้อยกว่า 0.1 โมเมนต์ค่าโมเมนต์ที่เริ่มขึ้น หากมากกว่า 0.1 จะพิจารณาจากค่าโมเมนต์ที่เริ่มขึ้นจากการเคลื่อนตัวทางข้างในแนวราบของอาคารแบบ						
	ชั้น	$V_u (T)$	$\Delta x (cm)$	$\Delta x < 0.005 h_x$	$\Delta x (cm)$	$V_u (tons)$	$P_u (Tons)$
	9	0.0000	0	OK	0	-	-
	8	0.0000	0	OK	0	-	-
	7	0.0000	0	OK	0	-	-
	6	0.0000	0	OK	0.00	-	-
	5	23.5549	0.134	OK	1.473	618.97	618.97
	4	132.3972	0.241	OK	1.339	618.97	1,237.94
	3	176.5296	0.321	OK	1.008	618.97	1,854.90
	2	205.9512	0.375	OK	0.777	618.97	2,475.87
	1	220.620	0.402	OK	0.402	618.97	3,094.84

Richter Magnitude/ TNT Equivalent		
1.0	6 ounces	
1.5	2 pounds	
2.0	13 pounds	
2.5	63 pounds	
3.0	397 pounds	
3.5	1,000 pounds	
4.0	6 tons	Small atomic bomb
4.5	32 tons	Average tornado
5.0	199 tons	
5.5	500 tons	
6.0	6,270 tons	
6.5	31,550 tons	
7.0	199,000 tons	San Francisco (7.1) 1909
7.5	1,000,000 tons	Los Angeles (7.4) 1992
8.0	6,270,000 tons	San Francisco (8.3) 1906
8.5	31,550,000 tons	Anchorage, Alaska 1964
9.0	199,999,000 tons	

รายการคำนวณนี้ใช้สำหรับอาคารที่มีรูปทรงเสถียรภาพ อาทิ 4 เหลี่ยมจัตุรัส, 4 เหลี่ยมผืนผ้า, ทรงกลม 6-12 เหลี่ยมเท่ากันจึงไม่เกิดการบิดตัวของอาคารหากเป็นรูปทรงตัว L, U หรืออื่นๆตามที่กล่าวมาข้างต้นจะต้องใช้วิธีผลศาสตร์ในการออกแบบ

แผ่นดินไหวที่รุนแรงที่สุดในประวัติศาสตร์ คือ 9.5 ริคเตอร์ เกิดที่ชิลีตอนใต้ (Southern Chile) : 22 พฤษภาคม 1960 มีผู้เสียชีวิต 5,700 คน ทรัพย์สินเสียหาย 675 ล้านดอลลาร์

รูปที่ 8 ค่าที่ได้จากการคำนวณแผ่นดินไหว

หน่วยแรงกดด้านขนานแกน X และแกน Y
ค่าด้านขนานแกน X (สีแดง) และ
แกน Y (สีเขียว) ไม่เท่ากัน

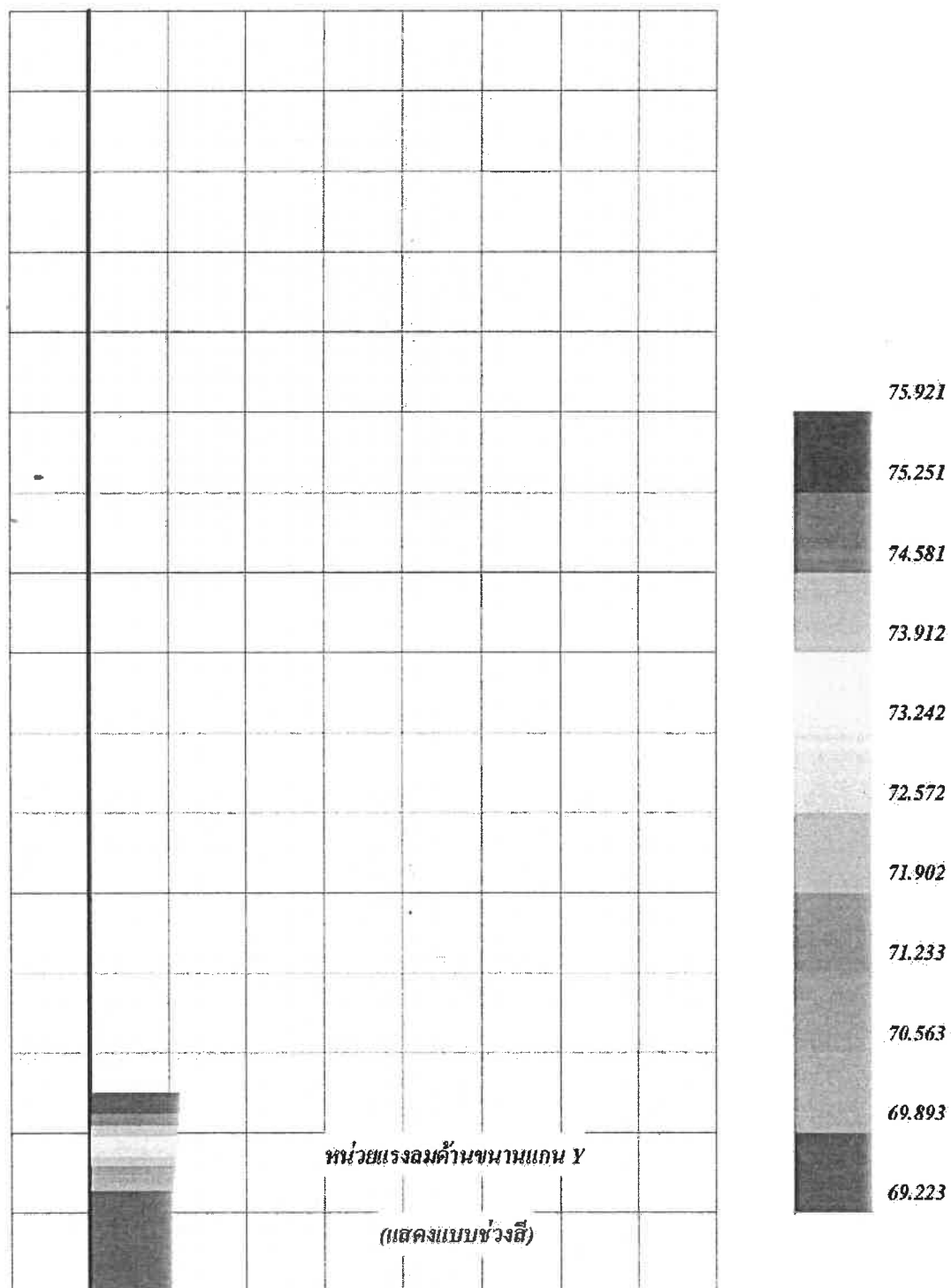


การวิเคราะห์หาหน่วยแรงลมสำหรับอาคารสูงปานกลาง ตามมาตรฐาน มยผ.1311-50
วิธีแรงสถิตเทียบเท่าอย่างง่าย

หน่วยแรงลมด้านขนานแกน X

Z (m)	p ด้านลม (N/sq.m)	p ท้ายลม (N/sq.m)	p รวม (N/sq.m)	p รวม (kg/sq.m)
1	401.349	217.805	619.153	63.140
2	401.349	217.805	619.153	63.140
3	401.349	217.805	619.153	63.140
4	401.349	217.805	619.153	63.140
5	401.349	217.805	619.153	63.140
6	402.633	217.805	620.438	63.271
7	415.240	217.805	633.044	64.557
8	426.479	217.805	644.283	65.703
9	436.644	217.805	654.449	66.740
10	445.943	217.805	663.748	67.688
11	454.525	217.805	672.330	68.563
12	462.504	217.805	680.309	69.377

การวิเคราะห์หาหน่วยแรงลมสำหรับอาคารสูงปานกลาง ตามมาตรฐาน มยผ. 1311-50
วิธีแรงสถิตเทียบเท่าอย่างง่าย



2/12

1. ข้อเสนอแนะในการออกแบบโครงสร้างจากแรงแผ่นดินไหว

หลังจากได้แรงที่กระทำทางด้านข้างของอาคารแล้วให้นำค่าที่ได้ไปออกแบบอาคารตั้งขั้นตอนต่อไปนี้

1.1 ตรวจสอบความมั่นคงของอาคาร จากค่าระยะการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ในแต่ละชั้น ค่าความปลอดภัยต่อการพลิกคว่ำเนื่องจากโมเมนต์ และผลกระทบของโมเมนต์ลำดับที่ 2

1.2 วิเคราะห์หาแรงภายในของโครงสร้างอาคาร จากการร่อนน้ำหนักบรรทุกกรณีพิจารณาแรงกระทำด้านข้าง (Combined Load Cases) โดยพิจารณาใช้ค่าสูงสุดของการรวมแรงจากกรณี

$$U1 = 1.2D + 1.0L + 1.0EQY$$

$$U2 = 1.2D + 1.0L + 1.0EQX$$

$$U3 = 0.9D + 1.0EQX$$

$$U4 = 0.9D + 1.0EQY$$

4.3 ออกแบบโครงสร้างจากผลการวิเคราะห์แรงภายในของโครงสร้างอาคาร

4.4 จัดทำรายละเอียดการเสริมเหล็กที่กำหนดไว้ใน มยผ.1301-50 กรมโยธาธิการและผังเมือง ดังรายละเอียดในภาคผนวก ก



ตารางการออกแบบแรงแผ่นดินไหวแบบแรงเฉื่อยสม่ำเสมอ ตาม มาตรฐาน (Uniform Building Code) 1985 หรือ มยผ. 1301-50 ตามกฎกระทรวง พ.ศ. 2550

ข้อมูลอาคาร

อาคารชั้นวาง	21 m	อาคารชั้นยาว	38 m
ความสูงอาคารทั้งสิ้น	32.5 m	ความสูงคานชั้น	2.6 m
จำนวนชั้นของอาคาร	5 ชั้น	f_c	240 kg/cm^2
		$E_c = 25120 \sqrt{f_c}$	23563.231 kg/cm^2

น้ำหนักกระทำต่ออาคาร

วัสดุ	พื้น	คาน	ผนัง	คานคอดิน	คานดาดฟ้า	คานบันได	คานระเบียง	อื่นๆ	รวม
คาน		0.20 m	0.20 m				0.20 m		
คาน	0.20 m	0.40 m	0.40 m		0.20 m		0.40 m		
น้ำหนัก	48.00 kg-m^2	192.00 kg-m	192.00 kg-m	180.00 kg-m^2	124.80 kg-m	0.00 kg-m^2	192.00 kg-m	0.00 kg-m^2	0.00 kg-m^2
น้ำหนักคานชั้น	38240.00 kg	36864.00 kg	15974.40 kg	203674.80 kg	2496.00 kg	0.00 kg	37094.40 kg		
ความยาวทั้งหมดของคานชั้น	509.28 m	ความยาวทั้งหมดของคานคาน	20.00 m	ความยาวทั้งหมดของคานคาน	193.20 m				
ความยาวทั้งหมดของคาน	192.00 m	จำนวนคานทั้งหมด	32.00 ชั้น						
รวมน้ำหนักต่อ 1 ชั้น	619.80 m	รวมน้ำหนักอาคาร	3096.80 m						

STEP 1. สัมประสิทธิ์ความเร่งของแผ่นดินไหว ค่า (Z)

บริเวณที่: 0.19
 ความหนาแน่นของดินและสภาพดินฟ้าอากาศ (ตามตาราง) ไม่ได้ออกแบบตามแรงแผ่นดินไหวเพราะอยู่ในเขตบริเวณ 0

STEP 2. สัมประสิทธิ์การใช้งาน ค่า (I)

อาคารที่มีคนอยู่ 300 คนต่อครั้งขึ้นไป อาทิ โรงงานราชการ, คอนโดมิเนียม, หอพัก

STEP 3. สัมประสิทธิ์การรับแรงในแนวราบ ค่า (K)

โครงสร้างทั่วไป

STEP 4. สัมประสิทธิ์การรับแรงในแนวตั้ง ค่า (C)

เมื่อ h_k คือความสูงอาคารและ N คือจำนวนชั้น

ค่าปรับโครงสร้างตามความสูงอาคาร $T = 0.10 N$ เมื่อ N คือจำนวนชั้นของอาคาร

$C = \frac{1}{15 \sqrt{T}}$ หากค่า C มากกว่า 0.22 ให้ใช้ 0.22

STEP 5. สัมประสิทธิ์การปรับขนาดแรงระหว่างอาคารและชั้นดิน (S)

ประเภทดิน: 2.5
 ลักษณะดิน: 0.3
 หาก $C.S$ มากกว่า 0.14 ให้ใช้ค่า 0.14 เว้นแต่กรณีดินอ่อนมาก ถ้าแรงคานคานมากกว่า 0.26 ให้ใช้ค่า 0.26

STEP 6. ค่าแรงเฉื่อยตามแนวนอน

$V = ZIKCSW$ 0.0713 W 7.13 % ของน้ำหนักอาคาร V ที่ฐานอาคาร = 220.66 Tons

STEP 7. การกระจายแรงตามแนวนอน

เมื่อ T 0.245 < 0.7 $P = 0$ เมื่อ $T < 0.7$ ใช้ค่าตาม 0

$F_x = \frac{(V - F_t) W_x H_x}{\sum_{i=1}^n W_x H_x}$ $V_x = \sum_{i=1}^n F_x$ $M_x = \sum_{i=1}^n F_x H_x - A_x$ $MR = W^2 (D/2) = 32,493.80 \text{ Tons-m}$

STEP 8. การกระจายแรงตามแนวนอน

ชั้นวางที่สูงสุดต้องเป็น 0 เสมอ

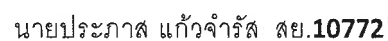
$V_x^* = (h \text{ ความสูงระหว่างชั้น}) \times \text{น้ำหนักชั้น}$

ชั้น	น้ำหนัก (Tons)	ความสูง (m)	น้ำหนัก (Tons)	น้ำหนัก (Tons)	น้ำหนัก (Tons)	น้ำหนัก (Tons)	น้ำหนัก (Tons)	น้ำหนัก (Tons)	น้ำหนัก (Tons)
1	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
19	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
รวม	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

5.0 เท่ากับน้ำหนักอาคารทั้งหมด

OK = V FS = MR/M = 15.45 OK > 1.5

27



การวิเคราะห์หาหน่วยแรงลมสำหรับอาคารสูงปานกลาง ตามมาตรฐาน มยผ.1311-50
วิธีแรงสถิตเทียบเท่าอย่างง่าย

หน่วยแรงลม, p N/sq.m

จังหวัด: พังงา

กลุ่มที่: 4B

ค่าประกอบความสำคัญของแรงลม: สภาวะจำกัดด้านการใช้งาน

ประเภทของอาคาร: อาคารสาธารณะ

ประเภทความสำคัญ: มก

$$I_w = 0.75$$

$$q = 455.625 \text{ N/sq.m}$$

สภาพภูมิประเทศ: ภูมิประเทศแบบโล่งหรือบริเวณชายฝั่ง

Type A

$$C_e \text{ ตื้นลม } Z < 6 \text{ m} \quad 0.90$$

$$6 \text{ m} \leq Z \leq 80 \text{ m} \quad 0.63 * Z^{0.2}$$

$$C_e \text{ ท้ายลม } 0.910$$

พื้นที่ภายนอกที่แรงลมกระทำ: โครงสร้างหลัก

$$C_g = 2$$

$$p = I_w q C_e C_g C_p \text{ N/sq.m}$$

ความสูงของอาคาร H : 12.5 m

ความกว้างด้านขนานแรงลม D_x : 30 m

$$C_p \text{ ตื้นลม: } 0.65$$

$$C_p \text{ ท้ายลม: } 0.35$$

$$p \text{ ตื้นลม } Z < 6 \text{ m} \quad 401.349$$

$$p \text{ ท้ายลม } 217.805$$

$$6 \text{ m} \leq Z \leq 80 \text{ m} \quad 281.371 * Z^{0.2}$$

ความกว้างด้านขนานแรงลม D_y : 21 m

$$C_p \text{ ตื้นลม: } 0.70$$

$$C_p \text{ ท้ายลม: } 0.40$$

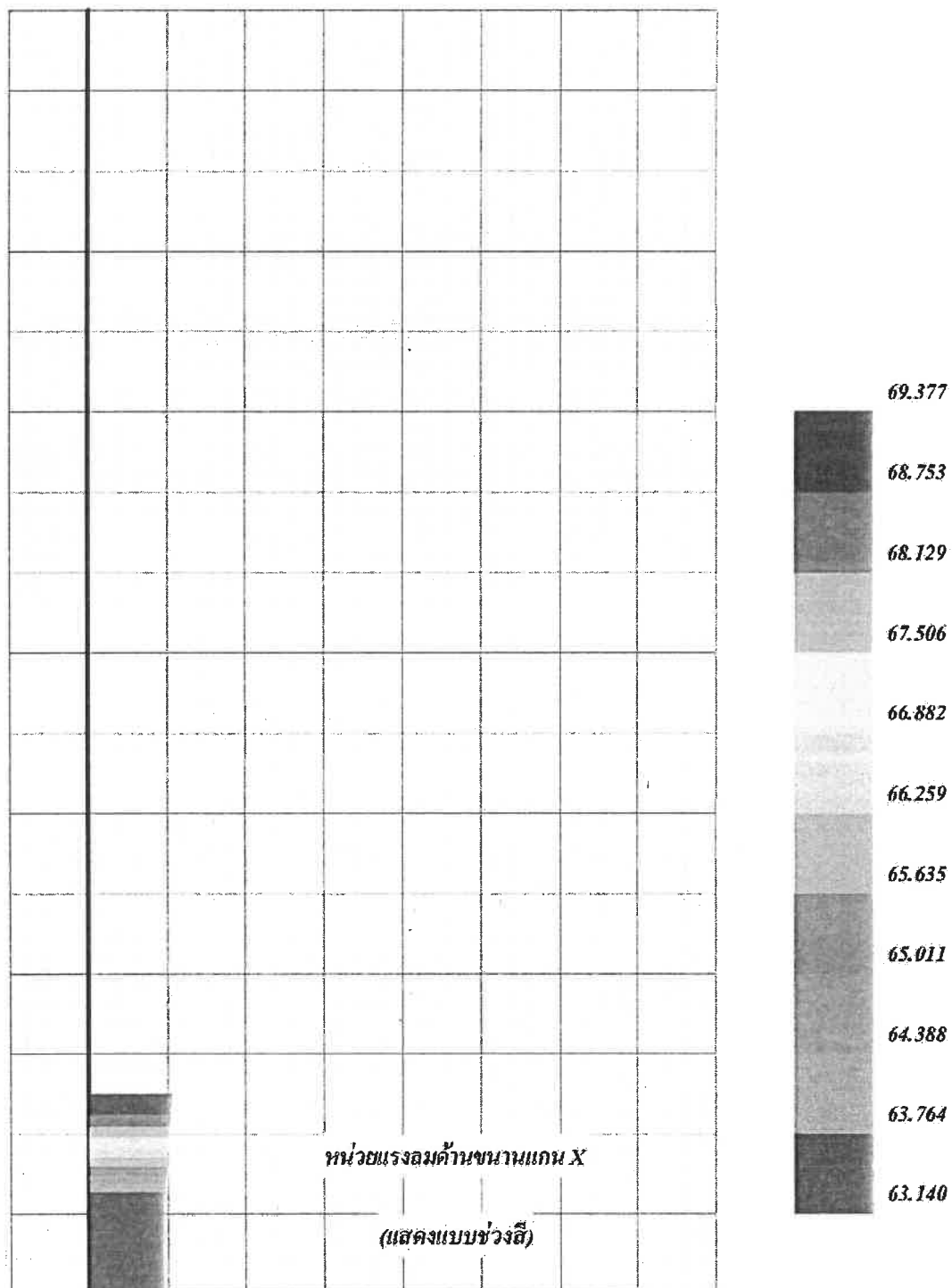
$$p \text{ ตื้นลม } Z < 6 \text{ m} \quad 431.005$$

$$p \text{ ท้ายลม } 247.800$$

$$6 \text{ m} \leq Z \leq 80 \text{ m} \quad 302.162 * Z^{0.2}$$



การวิเคราะห์หาหน่วยแรงดมสำหรับอาคารสูงปานกลาง ตามมาตรฐาน มยผ.1311-50
วิธีแรงสถิตเทียบท่าอย่างง่าย



2/10

การวิเคราะห์หาหน่วยแรงลมสำหรับอาคารสูงปานกลาง ตามมาตรฐาน มยผ.1311-50
วิธีแรงสถิตเทียบเท่าอย่างง่าย

หน่วยแรงลมด้านขนานแกน X

Z (m)	p ด้านลม (N/sq.m)	p ท้ายลม (N/sq.m)	p รวม (N/sq.m)	p รวม (kg/sq.m)
1	401.349	217.805	619.153	63.140
2	401.349	217.805	619.153	63.140
3	401.349	217.805	619.153	63.140
4	401.349	217.805	619.153	63.140
5	401.349	217.805	619.153	63.140
6	402.633	217.805	620.438	63.271
7	415.240	217.805	633.044	64.557
8	426.479	217.805	644.283	65.703
9	436.644	217.805	654.449	66.740
10	445.943	217.805	663.748	67.688
11	454.525	217.805	672.330	68.563
12	462.504	217.805	680.309	69.377

การวิเคราะห์แรงแผ่นดินไหว ตามมาตรฐาน มยผ.1302

วิธีแรงสถิตเทียบเท่า

หาแรงเฉือนที่ฐานอาคาร, V

ประเภทโครงสร้าง : อาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก

ความสูงของอาคาร, $H = 12.50 \text{ m}$

คาบการสั่น, $T = 0.02H$
 $= 0.250 \text{ s}$

ที่ตั้งของอาคาร : จังหวัด พังงา

อำเภอ เกาะยาว

$S_s = 0.179$ $S_I = 0.118$

ประเภทชั้นดิน : D

$F_a = 1.67$ $F_v = 2.32$

$S_{ds} = 2F_a S_s / 3$ $S_{dI} = 2F_v S_I / 3$
 $= 0.199$ $= 0.182$

เพราะว่า $S_{dI} \leq S_{ds}$

ดังนั้น $T_s = S_{dI} / S_{ds} = 0.914$

ดังนั้น $S_a = 0.199$ (ไม่ใช่แอ่งกรุงเทพ)

ประเภทของอาคาร : อาคารทั่วไป

ประเภทความสำคัญ : II (ปกติ)

ดังนั้น $I = 1.00$

$0.8T_s = 0.731$

$T = 0.250 < 0.8T_s$

หาประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหว โดยพิจารณาจากค่า S_{ds} เท่านั้น

ดังนั้น ประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหว = ข

การวิเคราะห์แรงแผ่นดินไหว ตามกฎกระทรวงฉบับ พ.ศ. 2550

วิธีแรงสถิตเทียบเท่า

หาแรงเฉือนที่ฐานอาคาร, $V = ZIKCSW$

ประเภทของอาคาร : อาคารทั่วไป

ความสูงของอาคาร, $H = 12.50 \text{ m}$

ความกว้างของอาคารในทิศทางแรงแผ่นดินไหว, $D = 30.00 \text{ m}$

คาบการสั่น, $T = 0.09H/\sqrt{D} = 0.205 \text{ s (อาคารทั่วไป)}$

$C = 1/15 \cdot \sqrt{T} = 0.120$

จังหวัดที่ตั้งของอาคาร : พังงา

บริเวณฟ้าระวัง อนุโลมให้ใช้เป็นบริเวณที่ 2

$Z = 0.38$

ชนิดของอาคาร : อาคารที่จำเป็นต่อความเป็นอยู่ของสาธารณชน

$I = 1.50$

ระบบและชนิดโครงสร้างรับแรงในแนวนอน :

โครงสร้างซึ่งได้รับการออกแบบให้โครงสร้างแรงดัดที่มีความเหนียวต้านแรงทั้งหมดในแนวนอน

$K = 0.67$

ลักษณะชั้นดิน : ชั้นดินอ่อนมาก

$S = 2.5$

$CS = 0.260$

หมายเหตุ : สำหรับชั้นดินอ่อนมาก $CS \leq 0.26$

ดังนั้น $ZIKCS = 0.115$

น้ำหนักอาคาร, $W = 3094.800 \text{ T}$

ดังนั้น แรงเฉือนที่ฐานอาคาร, $V = 354.571 \text{ T}$



รายการคำนวณ

จังหวัดพังงา อยู่ในบริเวณที่ ๒ ตามกฎกระทรวงฯ ข้อ ๓ แต่ไม่ใช่อาคารสาธารณะ
และจำนวนชั้น $= 4 < 5$ จึงไม่จำเป็นต้องคำนวณแรงเฉือนที่ฐานอาคาร ตามกฎกระทรวงฯ ข้อ ๔ (๑)(ฏ)
แต่ต้องกำหนดโครงสร้างให้มีความเหนียวปานกลางขึ้นไป ตามประกาศกระทรวงมหาดไทยฯ ข้อ ๑

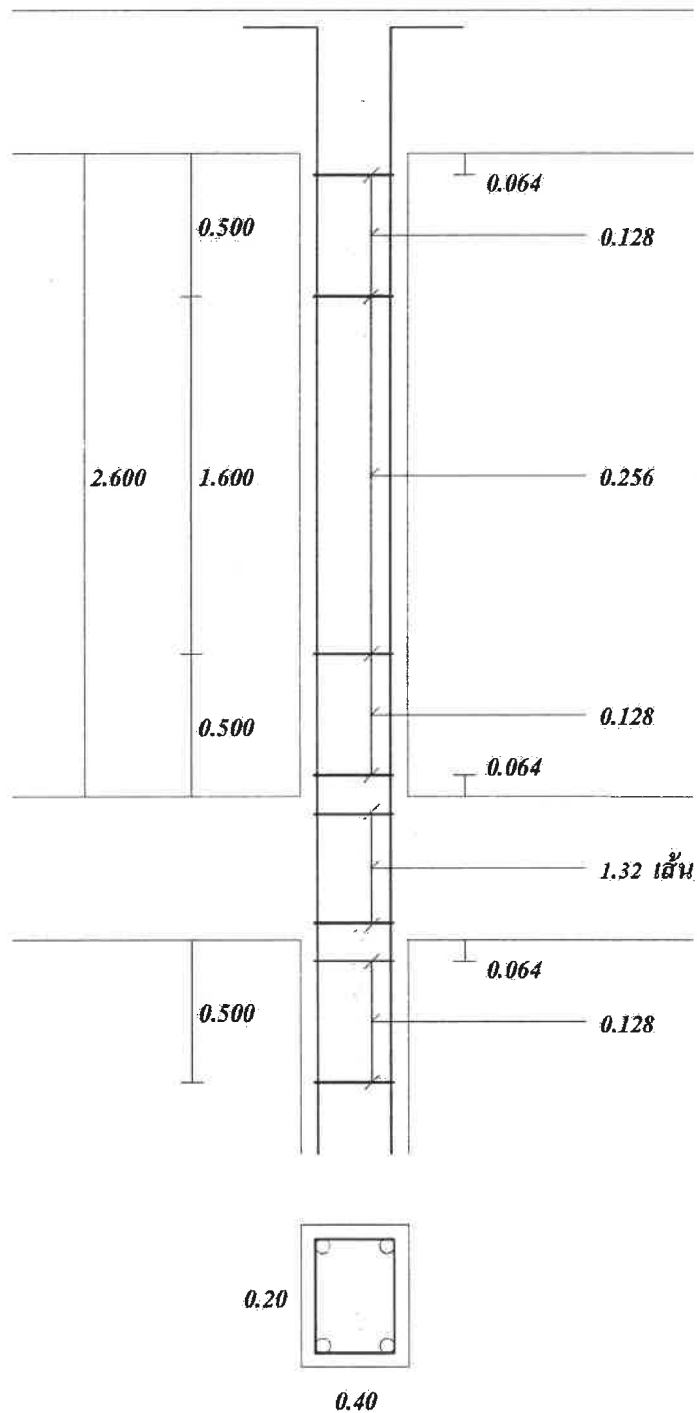
หมายเหตุ

กฎกระทรวงฯ ข้อ ๓ ...บริเวณที่ ๑ หมายความว่า บริเวณหรือพื้นที่ที่ต้องเฝ้าระวังเนื่องจากมีความเป็นไปได้
ว่าอาคารอาจได้รับผลกระทบทางด้านความมั่นคงแข็งแรงและเสถียรภาพเมื่อมีแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว
ได้แก่ จังหวัดกระบี่ จังหวัดชุมพร จังหวัดตรัง จังหวัดนครพนม จังหวัดนครศรีธรรมราช จังหวัดบึงกาฬ
จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ จังหวัดพิษณุโลก จังหวัดเพชรบุรี จังหวัดเลย จังหวัดสงขลา จังหวัดสตูล จังหวัด
สุราษฎร์ธานี และจังหวัดหนองคาย...

กฎกระทรวงฯ ข้อ ๔ กฎกระทรวงนี้ให้ใช้บังคับในบริเวณและอาคาร ดังต่อไปนี้
...(๑)(ฏ) อาคารที่มีความสูงตั้งแต่ ๑๕ เมตร หรือ ๕ ชั้นขึ้นไป...

ประกาศกระทรวงมหาดไทยฯ ข้อ ๑ ...สำหรับบริเวณที่ ๑ ต้องออกแบบให้มีความเหนียวอย่างน้อยตามที่
กำหนดในข้อ ๒๖ หรือข้อ ๒๗ โดยไม่จำเป็นต้องคำนวณแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหว...

ระยะเรียงเหล็กปลอกเสาความเหนียวปานกลาง



2/12

ภาคผนวก ก

มาตรฐาน
การออกแบบอาคารด้านการขนส่งเพื่อนของแผ่นดินไหว
มยผ.1302



จังหวัด	อำเภอ	ความเร่งตอบสนอง (g)	
		S _u	S ₁
	ศีขรภูมิ	0.106	0.037
	หนองเรือ	0.060	0.032
	หนองสองห้อง	0.042	0.028
	อุบลรัตน์	0.075	0.033
จันทบุรี	กิ่งอำเภอเขาชีจรรย์	0.044	0.030
	กิ่งอำเภอนายายอาม	0.051	0.033
	แก่งหางแมว	0.051	0.032
	ขลุง	0.040	0.029
	ท่าใหม่	0.044	0.031
	โป่งน้ำร้อน	0.040	0.029
	มะขาม	0.041	0.030
	เมืองจันทบุรี	0.042	0.030
	สอยดาว	0.041	0.029
	แหลมสิงห์	0.042	0.031
ฉะเชิงเทรา	ท่าตะเกียบ	0.059	0.034
	แปลงยาว	0.106	0.041
	พนมสารคาม	0.064	0.036
	สนามชัยเขต	0.077	0.038
ชลบุรี	กิ่งอำเภอเกาะจันทร์	0.118	0.041
	เกาะสีชัง	0.186	0.054
	บ่อทอง	0.105	0.039
	บางละมุง	0.144	0.047
	บ้านบึง	0.149	0.044
	พนัสนิคม	0.140	0.044
	ศรีราชา	0.177	0.049
	สัตหีบ	0.140	0.047
	หนองใหญ่	0.119	0.040
ชัยนาท	กิ่งอำเภอเนินขาม	0.351	0.111
	กิ่งอำเภอหนองมะโมง	0.378	0.114
	มโนรมย์	0.143	0.065
	เมืองชัยนาท	0.161	0.070
	วัดสิงห์	0.200	0.079
	สรรคบุรี	0.151	0.069
	สรรพยา	0.116	0.060
	หันคา	0.212	0.083
ชัยภูมิ	กิ่งอำเภอซับใหญ่	0.048	0.034
	เกษตรสมบูรณ์	0.080	0.035
	แก้งคร้อ	0.053	0.032

จังหวัด	อำเภอ	ความเร่งตอบสนอง (g)	
		S _u	S ₁
	คอนสวรรค์	0.048	0.030
	คอนสาร	0.118	0.038
	จัตุรัส	0.045	0.032
	เทพสถิต	0.048	0.035
	เนินสง่า	0.045	0.031
	บ้านเขว้า	0.049	0.032
	บ้านแท่น	0.062	0.032
	บ้านห้วยหินเหล็ก	0.047	0.033
	ภักดีชุมพล	0.061	0.036
	ภูเขียว	0.062	0.032
	เมืองชัยภูมิ	0.047	0.031
	หนองบัวแดง	0.061	0.034
	หนองบัวระเหว	0.050	0.033
ชุมพร	ท่าแซะ	0.093	0.078
	ทุ่งตะโก	0.081	0.079
	ปะทิว	0.085	0.075
	พะโต๊ะ	0.091	0.093
	เมืองชุมพร	0.088	0.080
	ละแม	0.081	0.082
เชียงราย	สว	0.082	0.080
	หลังสวน	0.082	0.082
	กิ่งอำเภอคอกหลวง	0.924	0.270
	กิ่งอำเภอเวียงเชียงรุ้ง	0.833	0.241
	ขุนตาล	0.650	0.169
	เชียงของ	0.706	0.191
	เชียงแสน	0.935	0.273
	เทิง	0.619	0.157
	ป่าแดด	0.618	0.154
	พญาเม็งราย	0.672	0.180
	พาน	0.656	0.173
	เมืองเชียงราย	0.798	0.232
	แม่จัน	0.940	0.278
	แม่ฟ้าหลวง	0.929	0.275
	แม่ลาว	0.735	0.211
	แม่สรวย	0.749	0.209
	แม่สาย	0.933	0.273
	เวียงแก่น	0.683	0.175
	เวียงชัย	0.753	0.215



จังหวัด	อำเภอ	ความเร่งตอบสนอง (๕)	
		S ₁	S ₂
	จักราช	0.039	0.028
	เฉลิมพระเกียรติ	0.040	0.029
	ชุมพวง	0.039	0.027
	โชคชัย	0.040	0.029
	ด่านขุนทด	0.045	0.033
	โนนแดง	0.041	0.028
	โนนไทย	0.043	0.031
	โนนสูง	0.041	0.029
	บัวใหญ่	0.043	0.029
	บ้านเหลื่อม	0.045	0.031
	ประทาย	0.041	0.028
	ปักธงชัย	0.042	0.032
	ปากช่อง	0.047	0.036
	พิมาย	0.040	0.028
	เมืองนครราชสีมา	0.041	0.030
	วังน้ำเขียว	0.043	0.032
	สีคิ้ว	0.043	0.033
	สูงเนิน	0.043	0.032
	เสิงสาง	0.038	0.027
	หนองบุญมาก	0.039	0.028
	ห้วยแถลง	0.039	0.027
นครราชสีมา	กิ่งอำเภอช้างกลาง	0.075	0.081
	กิ่งอำเภอนบพิตำ	0.071	0.075
	ขนอม	0.065	0.067
	จุฬาภรณ์	0.073	0.079
	ฉวาง	0.077	0.083
	เฉลิมพระเกียรติ	0.069	0.074
	ชะอวด	0.071	0.077
	เชียรใหญ่	0.067	0.071
	ถ้ำพรรณรา	0.081	0.086
	ท่าศาลา	0.067	0.071
	ทุ่งสง	0.076	0.082
	ทุ่งใหญ่	0.083	0.088
	นาบอน	0.077	0.083
	บางขัน	0.082	0.089
	ปากพนัง	0.065	0.068
	พรหมคีรี	0.070	0.074
	พระพรหม	0.069	0.074

จังหวัด	อำเภอ	ความเร่งตอบสนอง (๕)	
		S ₁	S ₂
	พิปูน	0.074	0.079
	เมืองนครศรีธรรมราช	0.068	0.073
	ร่อนพิบูลย์	0.072	0.078
	ลานสกา	0.072	0.077
	สิชล	0.065	0.068
	หัวไทร	0.066	0.070
นครศรีธรรมราช	กิ่งอำเภอชุมตาบง	0.471	0.136
	กิ่งอำเภอแม่เป็น	0.503	0.146
	เก้าเลี้ยว	0.176	0.067
	โกรกพระ	0.226	0.081
	ชุมแสง	0.116	0.055
	ตากฟ้า	0.082	0.050
	ศาลาลี	0.103	0.056
	ท่าตะโก	0.086	0.049
	บรรพตพิสัย	0.229	0.078
	พยุหะคีรี	0.159	0.068
	ไพศาลี	0.072	0.046
	เมืองนครศรีธรรมราช	0.175	0.069
	แม่วงก์	0.491	0.142
	ลาดยาว	0.454	0.127
	หนองบัว	0.081	0.047
นราธิวาส	จะแนะ	0.063	0.062
	เจาะไอร้อง	0.058	0.057
	ตากใบ	0.056	0.054
	บาเจาะ	0.058	0.058
	เมืองนราธิวาส	0.057	0.056
	อึ่งอ	0.059	0.058
	ระแงะ	0.060	0.059
	รือเสาะ	0.062	0.061
	แว้ง	0.061	0.059
	ศรีสาคร	0.064	0.062
	สุคีริน	0.062	0.060
น่าน	สุโขทัย-ลก	0.059	0.057
	สุโขทัย-ปาดิ	0.059	0.057
	กิ่งอำเภอภูเพียง	0.641	0.154
	เฉลิมพระเกียรติ	0.636	0.147
	เขียงกลาง	0.834	0.215
	ท่าวังผา	0.893	0.222

จังหวัด	อำเภอ	ความเร่งตอบสนอง (g)	
		S _u	S ₁
	ปง	0.584	0.136
	เมืองพะเยา	0.630	0.146
	แม่ใจ	0.641	0.155
พียงา	กะปง	0.136	0.117
	เกาะยาว	0.179	0.118
	สุระบุรี	0.110	0.116
	ตะกั่วทุ่ง	0.176	0.119
	ตะกั่วป่า	0.122	0.119
	ทับปุด	0.138	0.110
	ท้ายเหมือง	0.184	0.125
	เมืองพังงา	0.161	0.115
	เมืองพังงา	0.164	0.115
พัทลุง	กงหรา	0.078	0.085
	กิ่งอำเภอบางแก้ว	0.074	0.080
	กิ่งอำเภอป่าบอน	0.075	0.082
	กิ่งอำเภอศรีนครินทร์	0.078	0.085
	กิ่งอำเภอศรีบรรพต	0.077	0.084
	เขาชัยสน	0.074	0.080
	ควนขนุน	0.072	0.078
	ตะโหมด	0.078	0.085
	ปากพะยูน	0.072	0.077
	ป่าบอน	0.076	0.082
	เมืองพัทลุง	0.073	0.080
พิจิตร	กิ่งอำเภอคงเจริญ	0.087	0.047
	กิ่งอำเภอเบ็ญจนา	0.164	0.062
	กิ่งอำเภอสามเหลี่ยม	0.126	0.052
	ตะพานหิน	0.108	0.051
	ทับคล้อ	0.086	0.046
	บางมูลนาก	0.107	0.052
	โพทะเล	0.138	0.059
	โพธิ์ประทับช้าง	0.138	0.057
	เมืองพิจิตร	0.137	0.056
	วชิรบุรี	0.202	0.068
	วังทรายพูน	0.112	0.050
	สามง่าม	0.173	0.063
พิษณุโลก	ชาติตระการ	0.443	0.097
	นครไทย	0.317	0.071
	เนินมะปราง	0.133	0.051

จังหวัด	อำเภอ	ความเร่งตอบสนอง (g)	
		S _u	S ₁
	บางกระทุ่ม	0.146	0.056
	บางระกำ	0.279	0.078
	พรหมพิราม	0.426	0.104
	เมืองพิษณุโลก	0.259	0.074
	วังทอง	0.236	0.068
	วัดโบสถ์	0.381	0.091
เพชรบุรี	แก่งกระจาน	0.272	0.109
	ชะอำ	0.188	0.081
	ท่ายาง	0.180	0.082
	บ้านลาด	0.173	0.081
	บ้านแหลม	0.183	0.084
	เมืองเพชรบุรี	0.160	0.076
	หนองหญ้าปล้อง	0.261	0.107
เพชรบูรณ์	เขาค้อ	0.172	0.049
	ชนแดน	0.080	0.042
	น้ำหนาว	0.234	0.050
	บึงสามพัน	0.059	0.039
	เมืองเพชรบูรณ์	0.122	0.042
	วังโป่ง	0.096	0.045
	วิเชียรบุรี	0.055	0.038
	ศรีเทพ	0.053	0.039
	หนองไผ่	0.066	0.039
	หล่มเก่า	0.251	0.055
	หล่มสัก	0.238	0.052
แพร่	เด่นชัย	0.783	0.193
	เมืองแพร่	0.847	0.214
	ร้องกวาง	0.636	0.146
	ลอง	0.769	0.184
	วังชิ้น	1.021	0.276
	สอง	0.628	0.143
	สูงเม่น	0.795	0.195
	หนองม่วงไข่	0.787	0.191
อุทัย	กะชัง	0.207	0.131
	ถาวร	0.211	0.129
	เมืองอุทัย	0.199	0.129
มหาสารคาม	กันทรวิชัย	0.048	0.028
	กิ่งอำเภอภูธร	0.045	0.028
	กิ่งอำเภอชื่นชม	0.054	0.030



จังหวัด	อำเภอ	ความเร่งตอบสนอง (๕)	
		S ₁	S ₂
	บ้านโป่ง	0.365	0.115
	โพธาราม	0.347	0.112
	สวนผึ้ง	0.436	0.138
ลพบุรี	โคกเจริญ	0.061	0.042
	โคกสำโรง	0.071	0.047
	ชัยบาดาล	0.052	0.039
	ท่าเรือ	0.093	0.054
	ท่าหลวง	0.052	0.039
	บ้านหมี่	0.082	0.050
	พัฒนานิคม	0.057	0.041
	เมืองลพบุรี	0.071	0.046
	ลำสนธิ	0.048	0.036
	สระโบสถ์	0.062	0.043
	หนองม่วง	0.072	0.047
ลำปาง	เกาะคา	0.740	0.184
	งาว	0.637	0.142
	แจ้ห่ม	0.702	0.160
	เถิน	0.597	0.166
	เมืองปาน	0.714	0.170
	เมืองลำปาง	0.738	0.177
	แม่ทะ	0.836	0.210
	แม่พริก	0.556	0.162
	แม่เมาะ	0.692	0.155
	วังเหนือ	0.782	0.194
	สบปราบ	0.956	0.265
	เสริมงาม	0.734	0.197
	ห้างฉัตร	0.723	0.178
ลำพูน	กิ่งอำเภอเวียงหนอง	0.808	0.245
	ทุ่งหัวช้าง	0.742	0.215
	บ้านธิ	0.784	0.209
	บ้านโฮ่ง	0.792	0.238
	ป่าซาง	0.838	0.240
	เมืองลำพูน	0.835	0.232
	แม่ทา	0.781	0.211
	ลี้	0.675	0.210
เลย	กิ่งอำเภอหนองหิน	0.221	0.049
	กิ่งอำเภอเอราวัณ	0.201	0.047
	เชียงคาน	0.288	0.067

จังหวัด	อำเภอ	ความเร่งตอบสนอง (๕)	
		S ₁	S ₂
	คำมอชัย	0.315	0.069
	ท่าลี่	0.307	0.070
	นาด้วง	0.192	0.047
	นาแห้ว	0.413	0.088
	ป่าชม	0.223	0.054
	ผาขาว	0.172	0.043
	ภูกระดึง	0.171	0.042
	ภูเรือ	0.306	0.067
	ภูหลวง	0.272	0.056
	เมืองเลย	0.239	0.054
	วังสะพุง	0.249	0.054
ศรีสะเกษ	กันทรลักษ์	0.030	0.020
	กันทรารมย์	0.033	0.022
	กิ่งอำเภอโพธิ์ศรี	0.035	0.023
	กิ่งอำเภอศีขราลัย	0.036	0.024
	จุฬาภรณ์	0.032	0.021
	ขุนหาญ	0.031	0.021
	น้ำเกลี้ยง	0.032	0.021
	โนนคูณ	0.032	0.021
	บึงบูรพ์	0.035	0.024
	เบญจลักษ์	0.031	0.020
	ปรางค์กู่	0.033	0.022
	พยุห์	0.033	0.022
	ไพรบึง	0.032	0.021
	ภูสิงห์	0.031	0.021
	เมืองจันทร์	0.035	0.023
	เมืองศรีสะเกษ	0.034	0.022
สกลนคร	ยางชุมน้อย	0.034	0.022
	ราษีไศล	0.035	0.023
	วังหิน	0.033	0.022
	ศรีรัตน	0.032	0.021
	หัวทึบตัน	0.034	0.023
	อุทุมพรพิสัย	0.034	0.023
	กุศบาก	0.070	0.033
	กุสุมาลย์	0.134	0.039
	คำตากล้า	0.186	0.049
	โคกศรีสุพรรณ	0.078	0.032
	เจริญศิลป์	0.121	0.039



จังหวัด	อำเภอ	ความเร่งตอบสนอง	
		(g)	
		S _g	S ₁
	สองพี่น้อง	0.237	0.087
	สามชุก	0.191	0.078
	หนองหญ้าไซ	0.298	0.101
	อู่ทอง	0.335	0.108
สุราษฎร์ธานี	กาญจนดิษฐ์	0.074	0.076
	กิ่งอำเภอวิภาวดี	0.090	0.093
	เกาะพะงัน	0.061	0.061
	เกาะสมุย	0.062	0.062
	คีรีรัฐนิคม	0.088	0.092
	เคียนซา	0.082	0.087
	ชัยบุรี	0.098	0.094
	ไชยา	0.078	0.080
	คอนสัก	0.068	0.069
	ท่าฉาง	0.080	0.083
	ท่าชนะ	0.080	0.082
	บ้านคาขุน	0.095	0.096
	บ้านนาเคียน	0.079	0.083
	บ้านนาสาร	0.078	0.083
	พนม	0.101	0.098
	พระแสง	0.098	0.095
	พุนพิน	0.079	0.083
	เมืองสุราษฎร์ธานี	0.077	0.080
	เวียงสระ	0.080	0.084
สุรินทร์	กาบเชิง	0.033	0.023
	กิ่งอำเภอเขวาสินรินทร์	0.035	0.024
	กิ่งอำเภอโนนทรายดิน	0.035	0.024
	กิ่งอำเภอพนมดงรัก	0.034	0.023
	กิ่งอำเภอศรีณรงค์	0.033	0.023
	จอมพระ	0.036	0.024
	ชุมพลบุรี	0.037	0.025
	ท่าตูม	0.036	0.024
	บัวเชด	0.032	0.022
	ปราสาท	0.034	0.024
	เมืองสุรินทร์	0.035	0.024
	รัตนบุรี	0.036	0.024
	ลำดวน	0.034	0.023
	ศีขรภูมิ	0.034	0.023
	สนม	0.036	0.024

จังหวัด	อำเภอ	ความเร่งตอบสนอง	
		(g)	
		S _g	S ₁
	สังขะ	0.033	0.022
	สำโรงทาบ	0.034	0.023
หนองคาย	กิ่งอำเภอเฝ้าไร่	0.213	0.050
	กิ่งอำเภอโพธิ์ตาก	0.233	0.052
	กิ่งอำเภอรัตนวาปี	0.230	0.053
	กิ่งอำเภอสระใคร	0.217	0.048
	เซกา	0.216	0.053
	โซ่พิสัย	0.214	0.053
	ท่าบ่อ	0.240	0.052
	บึงกาฬ	0.323	0.072
	บึงโขงหลง	0.318	0.067
	บึงคล้า	0.345	0.075
	ปากคาด	0.258	0.059
	พรเจริญ	0.213	0.054
	โพนพิสัย	0.246	0.053
	เมืองหนองคาย	0.221	0.049
	ศรีเชียงใหม่	0.222	0.051
	ศรีวิไล	0.273	0.064
	สังคม	0.221	0.053
หนองบัวลำภู	นากลาง	0.182	0.045
	นาวัง	0.199	0.048
	โนนสัง	0.088	0.035
	เมืองหนองบัวลำภู	0.150	0.041
	ศรีบุญเรือง	0.110	0.037
อำนาจเจริญ	สุวรรณคูหา	0.223	0.051
	ไชโย	0.104	0.056
	ป่าโมก	0.110	0.056
	โพธิ์ทอง	0.132	0.064
	เมืองอ่างทอง	0.108	0.057
อ่างทอง	วิเศษชัยชาญ	0.123	0.060
	สามโก้	0.139	0.065
	แสวงหา	0.119	0.060
	ชานุมาน	0.044	0.025
	ปทุมราชวงศา	0.038	0.024
อำนาจเจริญ	พนา	0.036	0.023
	เมืองอำนาจเจริญ	0.038	0.024
	ลืออำนาจ	0.037	0.023
	เสนางคนิคม	0.040	0.025

1.4.2 ประเภทของชั้นดิน ณ ที่ตั้งอาคาร

สภาพของชั้นดิน ณ บริเวณที่ตั้งของอาคาร สามารถเปลี่ยนแปลงระดับความรุนแรงของการสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหวได้ ดังนั้นการนำค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมในตารางที่ 1.4-1 มาใช้ในการออกแบบ จึงจำเป็นต้องปรับแก้ค่าให้เหมาะสมกับสภาพดิน ณ บริเวณที่ตั้งของอาคารนั้นๆ

ประเภทของชั้นดินสามารถแบ่งออกได้เป็น 6 ประเภท คือ A (หินแข็ง) B (หิน) C (ดินแข็ง) D (ดินปกติ) E (ดินอ่อน) หรือ F (ดินที่มีลักษณะพิเศษ) โดยเกณฑ์การจัดแบ่งประเภทของชั้นดินแสดงไว้ในภาคผนวก ก

ในกรณีที่ไม่มีข้อมูลดิน และไม่สามารถทำการสำรวจดินได้ ให้สมมุติว่าประเภทของชั้นดินเป็นแบบประเภท D

1.4.3 การปรับแก้ค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัม

ค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมของแผ่นดินไหวรุนแรงสูงสุดที่พิจารณา ณ บริเวณที่ตั้งของอาคาร สามารถปรับแก้ค่าให้เหมาะสมกับประเภทของชั้นดิน ณ ที่ตั้งอาคาร ได้ด้วยสมการดังต่อไปนี้

$$S_{MS} = F_o S_s \quad - (1.4-1)$$

$$S_{M1} = F_v S_1 \quad (1.4-2)$$

โดยที่

S_{MS} = ค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมที่คาบการสั่น 0.2 วินาที ที่ถูกปรับแก้เนื่องจากผลของชั้นดิน ณ ที่ตั้งอาคาร หน่วยเป็น ความเร่งจากแรงโน้มถ่วงโลก (g)

S_{M1} = ค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมที่คาบการสั่น 1.0 วินาที ที่ถูกปรับแก้เนื่องจากผลของชั้นดิน ณ ที่ตั้งอาคาร หน่วยเป็น ความเร่งจากแรงโน้มถ่วงโลก (g)

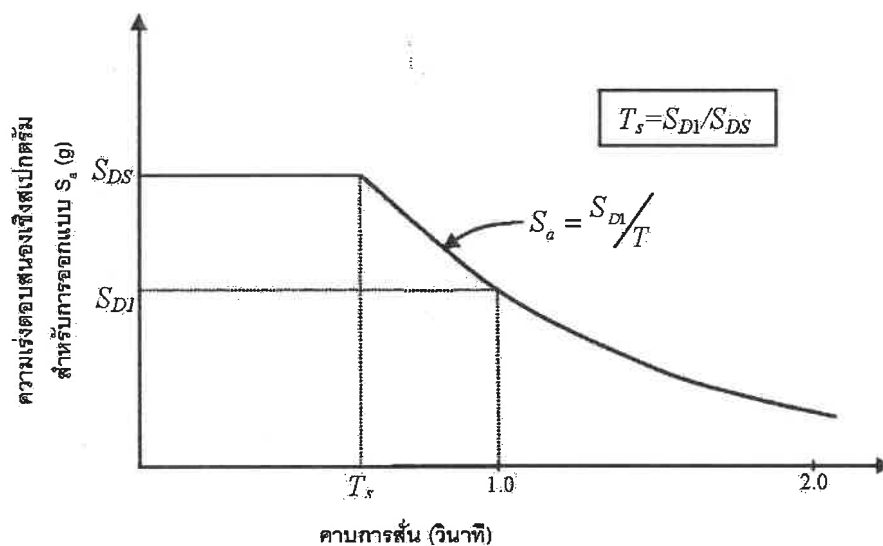
F_o = สัมประสิทธิ์สำหรับชั้นดิน ณ ที่ตั้งอาคาร สำหรับคาบการสั่น 0.2 วินาที

F_v = สัมประสิทธิ์สำหรับชั้นดิน ณ ที่ตั้งอาคาร สำหรับคาบการสั่น 1 วินาที

ค่าสัมประสิทธิ์ F_o และ F_v แสดงไว้ในตารางที่ 1.4-2 และ 1.4-3 ตามลำดับ

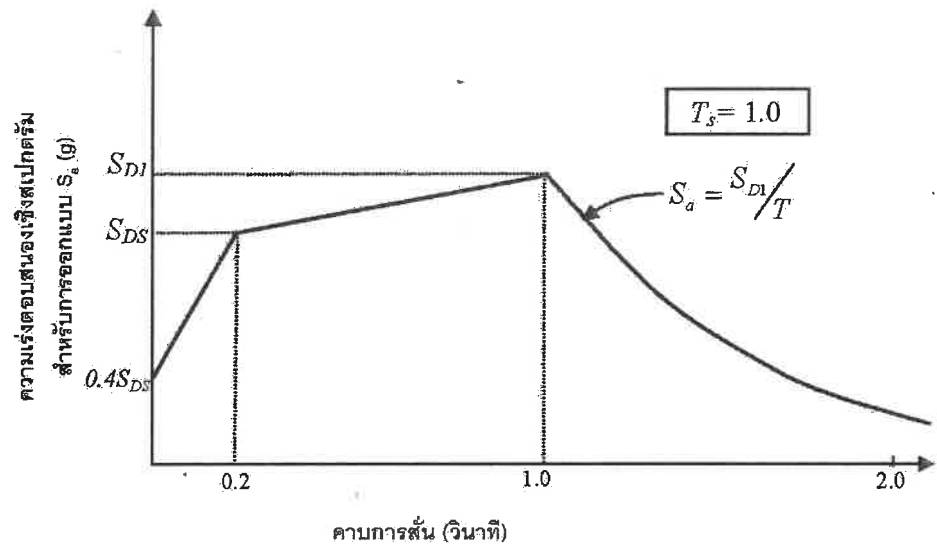
1.4.5.1 พื้นที่ทั่วประเทศยกเว้นแอ่งกรุงเทพ

- ก) ค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมสำหรับการออกแบบ สำหรับวิธีแรงสถิตเทียบเท่าตามบทที่ 3 ให้ใช้ตามรูปที่ 1.4-1 สำหรับพื้นที่ที่มีค่า $S_{D1} \leq S_{DS}$ และให้ใช้ตามรูปที่ 1.4-2 สำหรับพื้นที่ที่มีค่า $S_{D1} > S_{DS}$ โดยที่ S_{DS} และ S_{D1} คือ ค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมสำหรับการออกแบบตามหัวข้อ 1.4.4
- ข) ค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมสำหรับการออกแบบด้วยวิธีเชิงพลศาสตร์ตามบทที่ 4 ให้ใช้ตามรูปที่ 1.4-3 สำหรับพื้นที่ที่มีค่า $S_{D1} \leq S_{DS}$ และให้ใช้ตามรูปที่ 1.4-4 สำหรับพื้นที่ที่มีค่า $S_{D1} > S_{DS}$ โดยที่ S_{DS} และ S_{D1} คือ ค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมสำหรับการออกแบบตามหัวข้อ 1.4.4



รูปที่ 1.4-1 สเปกตรัมผลตอบสนองสำหรับการออกแบบด้วยวิธีแรงสถิตเทียบเท่า สำหรับพื้นที่ทั่วประเทศไทย (ยกเว้นแอ่งกรุงเทพ) ที่มีค่า $S_{D1} \leq S_{DS}$

[Handwritten signature]



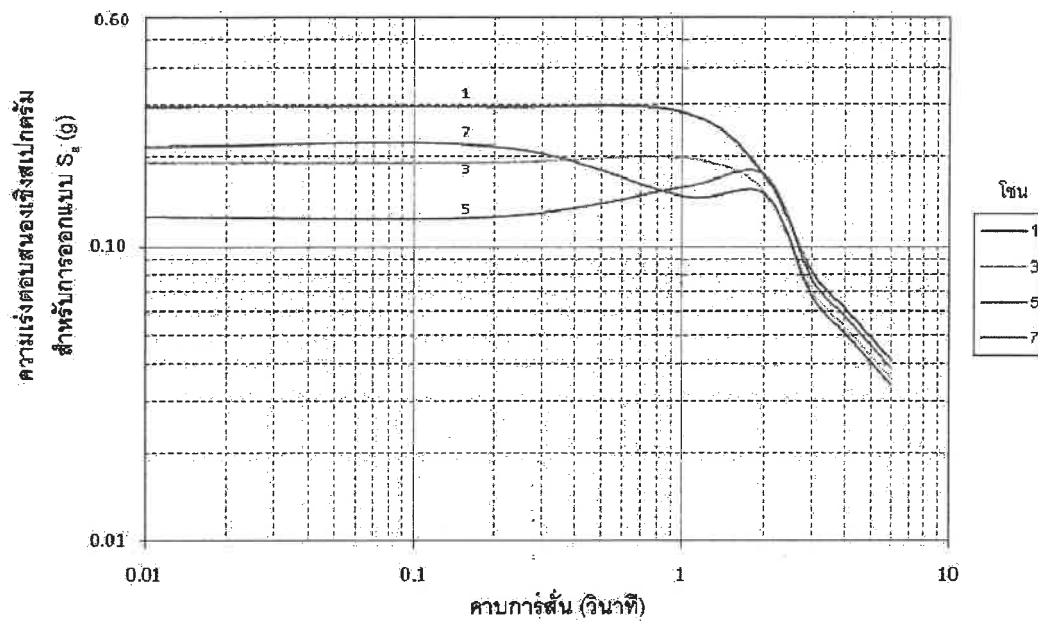
รูปที่ 1.4-4 สเปกตรัมผลตอบสนองสำหรับการออกแบบด้วยวิธีเชิงพลศาสตร์ สำหรับพื้นที่ทั่วประเทศไทย (ยกเว้นแอ่งกรุงเทพ) ที่มีค่า $S_{D1} > S_{DS}$

1.4.5.2 พื้นที่ในแอ่งกรุงเทพ

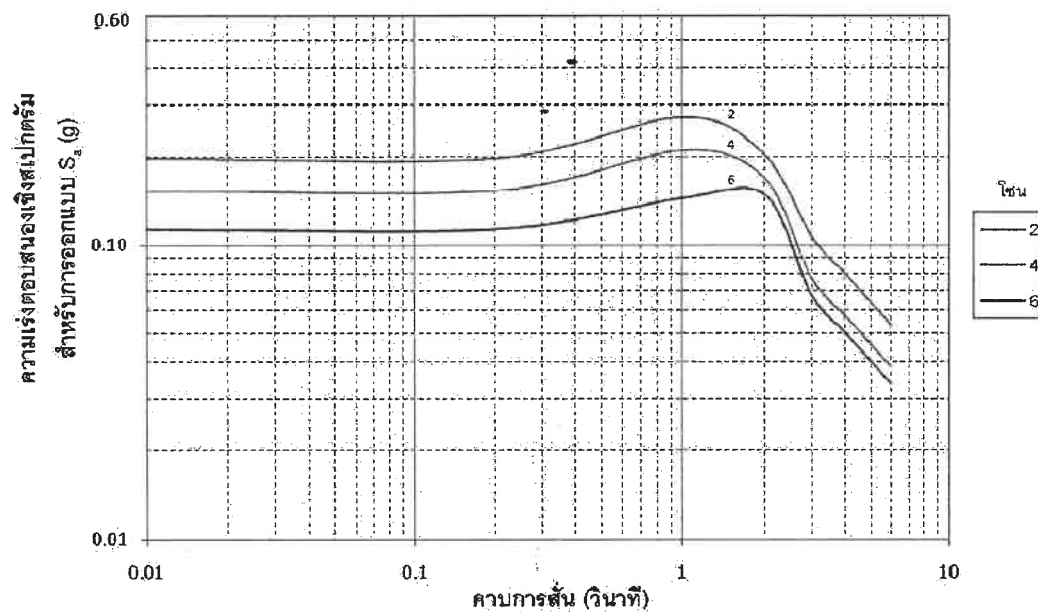
พื้นที่ในแอ่งกรุงเทพครอบคลุมกรุงเทพมหานครและจังหวัดปริมณฑลหลายจังหวัด พื้นที่นี้ได้ถูกแบ่งย่อยเป็น 7 โซน ดังรูปที่ 1.4-5 ค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมสำหรับการออกแบบ ในพื้นที่ 7 โซนนี้ขึ้นกับวิธีการออกแบบ ดังนี้

- (ก) สำหรับการออกแบบด้วยวิธีแรงสถิตเทียบเท่าตามบทที่ 3 ให้ใช้ตามสเปกตรัมผลตอบสนองสำหรับการออกแบบที่กำหนดในรูปที่ 1.4-6 หรือใช้ตามค่าที่แสดงในตารางที่ 1.4-4
- (ข) สำหรับการออกแบบด้วยวิธีเชิงพลศาสตร์ตามบทที่ 4 ให้ใช้ตามสเปกตรัมผลตอบสนองสำหรับการออกแบบที่กำหนดในรูปที่ 1.4-7 หรือใช้ตามค่าที่แสดงในตารางที่ 1.4-5

2/พ



(ก) สำหรับไชน 1, 3, 5 และ 7



(ข) สำหรับไชน 2, 4 และ 6

รูปที่ 1.4-6 สเปกตรัมผลตอบสนองสำหรับการออกแบบด้วยวิธีแรงสถิตเทียบเท่าสำหรับไชนต่างๆ
ของพื้นที่ในแอ่งกรุงเทพ

2/12

ตารางที่ 1.4-4 ค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมสำหรับการออกแบบ ด้วยวิธีแรงสถิตเทียบเท่า สำหรับพื้นที่ในโซนต่างๆ ของพื้นที่ในแอ่งกรุงเทพ (หน่วยเป็น g)

โซน	$S_d(0.1\text{ s})$	$S_d(0.2\text{ s})$	$S_d(1\text{ s})$	$S_d(2\text{ s})$	$S_d(3\text{ s})$	$S_d(4\text{ s})$	$S_d(5\text{ s})$	$S_d(6\text{ s})$
1	0.297	0.297	0.284	0.174	0.083	0.062	0.050	0.041
2	0.199	0.199	0.274	0.205	0.107	0.080	0.064	0.054
3	0.192	0.192	0.198	0.154	0.071	0.053	0.043	0.036
4	0.154	0.154	0.211	0.170	0.077	0.058	0.046	0.039
5	0.126	0.126	0.158	0.174	0.078	0.058	0.047	0.039
6	0.113	0.113	0.144	0.149	0.067	0.050	0.040	0.034
7	0.217	0.217	0.147	0.149	0.068	0.051	0.041	0.034

ตารางที่ 1.4-5 ค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมสำหรับการออกแบบ ด้วยวิธีพลศาสตร์สำหรับ พื้นที่ในโซนต่างๆ ของพื้นที่ในแอ่งกรุงเทพ (หน่วยเป็น g)

โซน	$S_d(0.1\text{ s})$	$S_d(0.2\text{ s})$	$S_d(1\text{ s})$	$S_d(2\text{ s})$	$S_d(3\text{ s})$	$S_d(4\text{ s})$	$S_d(5\text{ s})$	$S_d(6\text{ s})$
1	0.154	0.297	0.284	0.174	0.083	0.062	0.050	0.041
2	0.116	0.199	0.274	0.205	0.107	0.080	0.064	0.054
3	0.097	0.192	0.198	0.154	0.071	0.053	0.043	0.036
4	0.089	0.154	0.211	0.170	0.077	0.058	0.046	0.039
5	0.079	0.126	0.158	0.174	0.078	0.058	0.047	0.039
6	0.062	0.113	0.144	0.149	0.067	0.050	0.040	0.034
7	0.111	0.217	0.147	0.149	0.068	0.051	0.041	0.034

1.5 ตัวประกอบความสำคัญและประเภทของอาคาร

อาคารได้ถูกจำแนกตามลักษณะการใช้งานและความสำคัญของอาคารที่มีต่อสาธารณชนและการบรรเทาภัยหลังเกิดเหตุออกเป็น 4 ประเภท (Occupancy Category) คือ ประเภท I, II, III, และ IV โดยอาคารแต่ละประเภทมีค่าตัวประกอบความสำคัญ (Importance Factor) เพื่อใช้ในการออกแบบอาคารต้านทานแผ่นดินไหวแตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 1.5-1



รุนแรงของแผ่นดินไหว ณ ที่ตั้งอาคาร ซึ่งแสดงโดยค่า S_{DS} และ S_{DI} (หัวข้อที่ 1.4.4) โดยใช้เกณฑ์ที่กำหนดไว้ในตารางที่ 1.6-1 และ 1.6-2

สำหรับพื้นที่ในกรุงเทพฯ ค่า S_{DS} และ S_{DI} มีค่าเท่ากับความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมสำหรับการออกแบบ (S_a) ที่คาบการสั่น 0.2 วินาที และ 1.0 วินาที ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 1.4-7

ในกรณีที่ประเภทการออกแบบด้านทานแผ่นดินไหวที่กำหนดตามเกณฑ์ในตารางที่ 1.6-1 แตกต่างจากที่กำหนดตามเกณฑ์ในตารางที่ 1.6-2 ให้ยึดถือประเภทการออกแบบด้านทานแผ่นดินไหวที่รุนแรงกว่า ในกรณีที่คาบการสั่นพื้นฐานของอาคาร (T) ในทั้งสองทิศทางที่ตั้งฉากกันที่คำนวณโดยใช้สมการที่ 3.3-1 หรือ 3.3-2 มีค่าน้อยกว่า $0.8T_s$ วินาที โดยที่ T_s มีค่าเป็นไปตามที่กำหนดในหัวข้อที่ 1.4.5 อนุญาตให้กำหนดประเภทการออกแบบด้านทานแผ่นดินไหวโดยใช้เฉพาะเกณฑ์ในตารางที่ 1.6-1 เท่านั้น

ตารางที่ 1.6-1 การแบ่งประเภทการออกแบบด้านทานแผ่นดินไหวโดยพิจารณาจากค่า S_{DS}

ค่า S_{DS}	ประเภทการออกแบบด้านทานแผ่นดินไหว		
	ประเภทความสำคัญ I หรือ II	ประเภทความสำคัญ III	ประเภทความสำคัญ IV
$S_{DS} < 0.167$	ก (ไม่ต้องออกแบบ)	ก (ไม่ต้องออกแบบ)	ก (ไม่ต้องออกแบบ)
$0.167 \leq S_{DS} < 0.33$	ข	ข	ค
$0.33 \leq S_{DS} < 0.50$	ค	ค	ง
$0.50 \leq S_{DS}$	ง	ง	ง

ตารางที่ 1.6-2 การแบ่งประเภทการออกแบบด้านทานแผ่นดินไหวโดยพิจารณาจากค่า S_{DI}

ค่า S_{DI}	ประเภทการออกแบบด้านทานแผ่นดินไหว		
	ประเภทความสำคัญ I หรือ II	ประเภทความสำคัญ III	ประเภทความสำคัญ IV
$S_{DI} < 0.067$	ก (ไม่ต้องออกแบบ)	ก (ไม่ต้องออกแบบ)	ก (ไม่ต้องออกแบบ)
$0.067 \leq S_{DI} < 0.133$	ข	ข	ค
$0.133 \leq S_{DI} < 0.20$	ค	ค	ง
$0.20 \leq S_{DI}$	ง	ง	ง



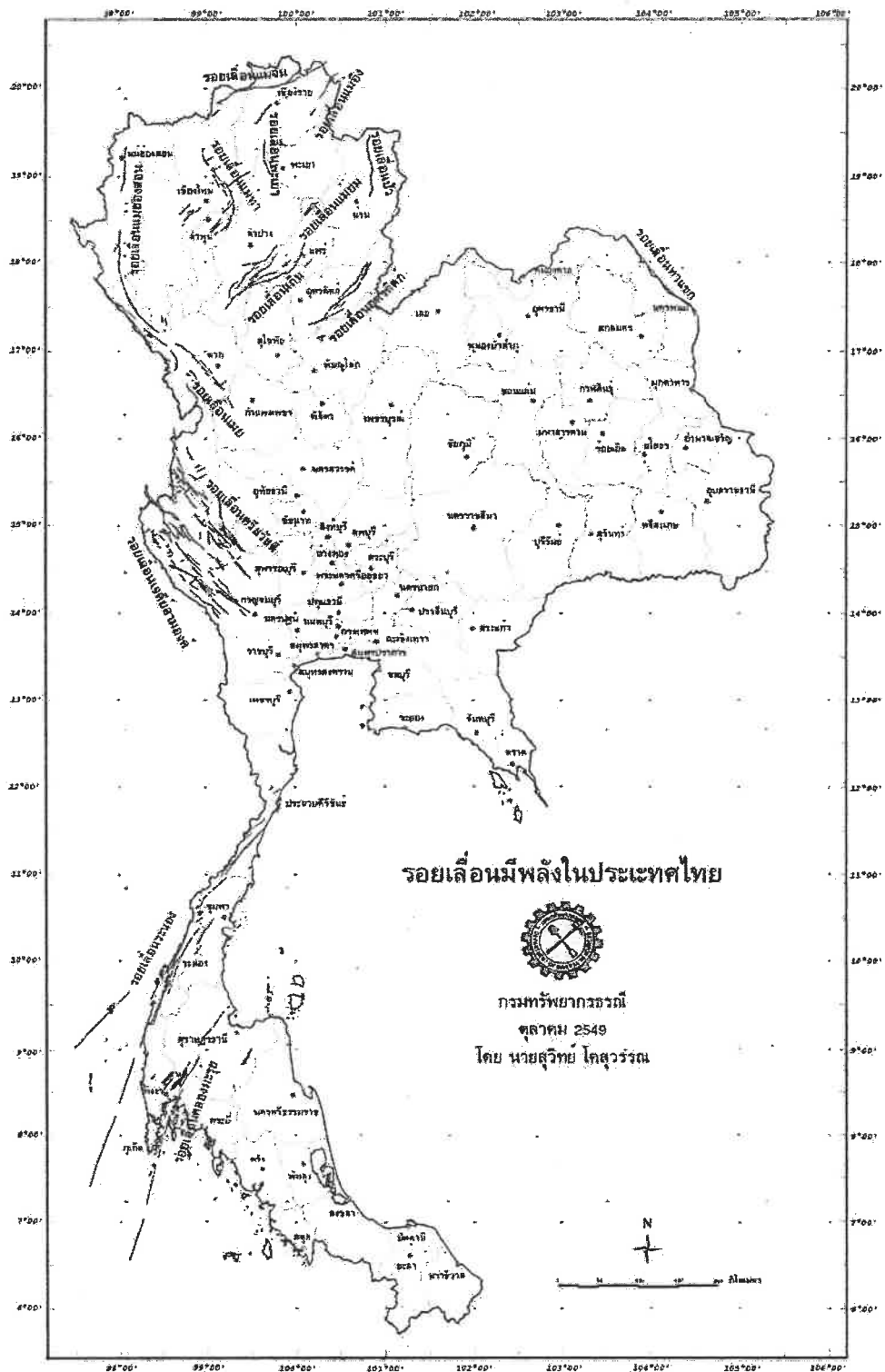
ตารางที่ 2.3-1 ค่าตัวประกอบปรับผลตอบสนอง (Response Modification Factor, R) ตัวประกอบกำลัง
ส่วนเกิน (System Overstrength Factor, Ω_0) และ ตัวประกอบขยายค่าการโก่งตัว
(Deflection Amplification Factor, C_d) (ต่อ)

ระบบโครงสร้างโดยรวม	ระบบต้านแรงต้านข้าง	ค่าตัวประกอบ			ประเภทการ ออกแบบ ต้านทานแรง แผ่นดินไหว		
		R	Ω_0	C_d			
					ข	ก	ง
3. ระบบ โครงสร้างแรงดัด (Moment Resisting Frame)	โครงสร้างแรงดัดเหล็กที่มีความเหนียว (Ductile/Special Steel Moment-Resisting Frame)	8	3	5.5	✓	✓	✓
	โครงสร้างดัดเหล็กที่มีการให้รายละเอียดความเหนียวเป็นพิเศษ (Special Truss Moment Frame)	7	3	5.5	✓	✓	✓
	โครงสร้างแรงดัดเหล็กที่มีความเหนียวปานกลาง (Intermediate Steel Moment Resisting Frame)	4.5	3	4	✓	✓	X
	โครงสร้างแรงดัดเหล็กธรรมดา (Ordinary Steel Moment Resisting Frame)	3.5	3	3	✓	✓	X
	โครงสร้างแรงดัดคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีความเหนียว (Ductile/Special Reinforced Concrete Moment Resisting Frame)	8	3	5.5	✓	✓	✓
	โครงสร้างแรงดัดคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีความเหนียวจำกัด (Ductile RC Moment-Resisting Frame with Limited Ductility/ Intermediate RC Moment-Resisting Frame)	5	3	4.5	✓	✓	X
	โครงสร้างแรงดัดคอนกรีตเสริมเหล็กแบบธรรมดา (Ordinary Reinforced Concrete Moment Resisting Frame)	3	3	2.5	✓	X	X
4. ระบบโครงสร้างแบบผสมที่ มีโครงสร้างดัดที่มีความ เหนียวที่สามารถต้านทาน แรงต้านข้างไม่น้อยกว่าร้อยละ 25 ของแรงที่กระทำกับ อาคารทั้งหมด (Dual System with Ductile/Special Moment Resisting Frame)	ร่วมกับโครงแกนเหล็กแบบตรงศูนย์กลางแบบพิเศษ (Special Steel Centrically Braced Frame)	7	2.5	5.5	✓	✓	✓
	ร่วมกับโครงแกนเหล็กแบบเอียงศูนย์กลาง (Steel Eccentrically Braced Frame)	8	2.5	4	✓	✓	✓
	ร่วมกับผนังรับแรงเฉือนแบบที่มีการให้รายละเอียดพิเศษ (Special Reinforced Concrete Shear Wall)	7	2.5	5.5	✓	✓	✓
	ร่วมกับผนังรับแรงเฉือนแบบธรรมดา (Ordinary Reinforced Concrete Shear Wall)	6	2.5	5	✓	✓	X

หมายเหตุ ✓ = ใช้ได้ X = ห้ามใช้



ภาคผนวก แผนที่รอยเลือนมีพลังในประเทศไทย

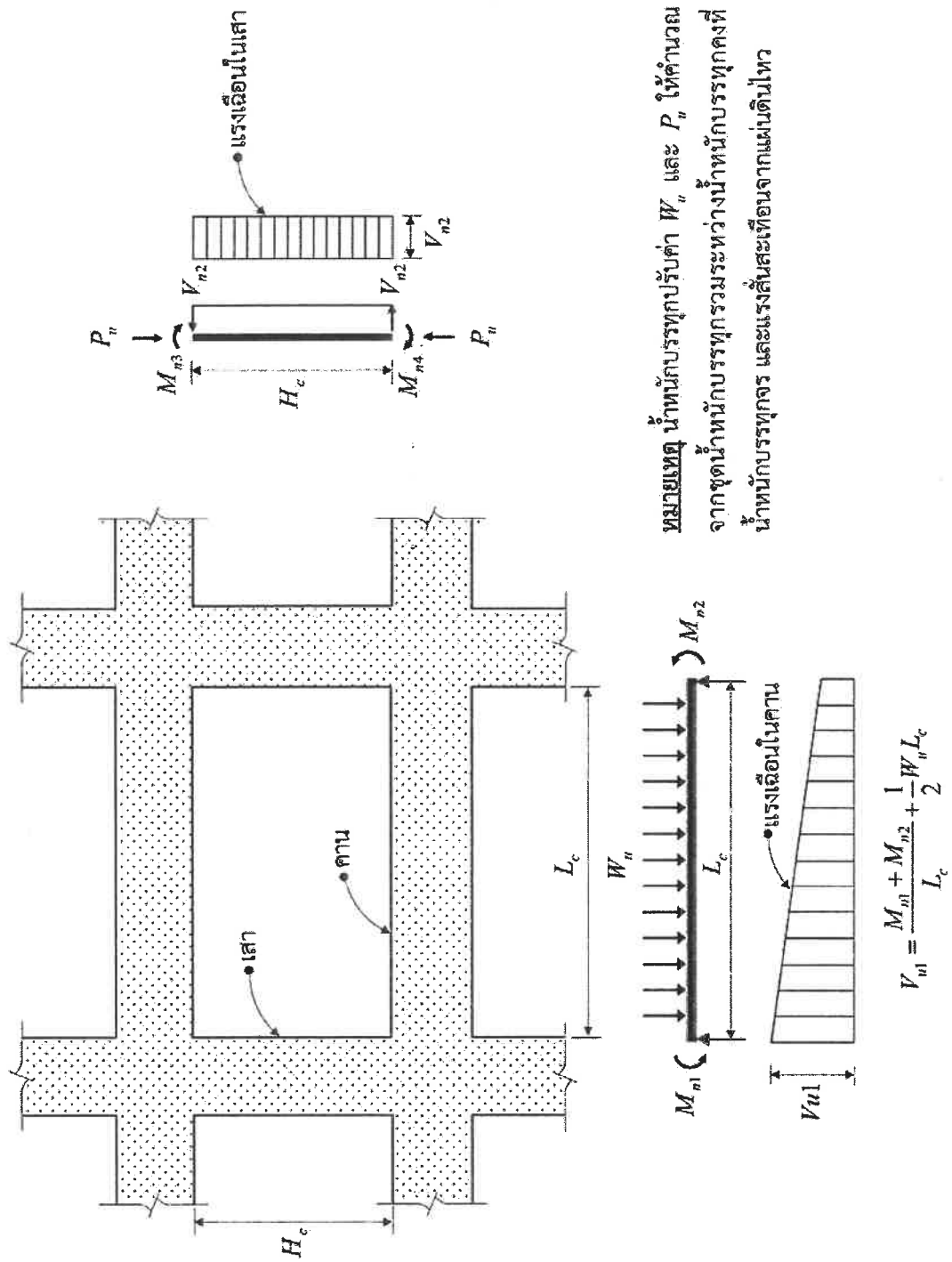


(ที่มา: กรมทรัพยากรธรณี พ.ศ. 2549)

27

ภาคผนวก ข

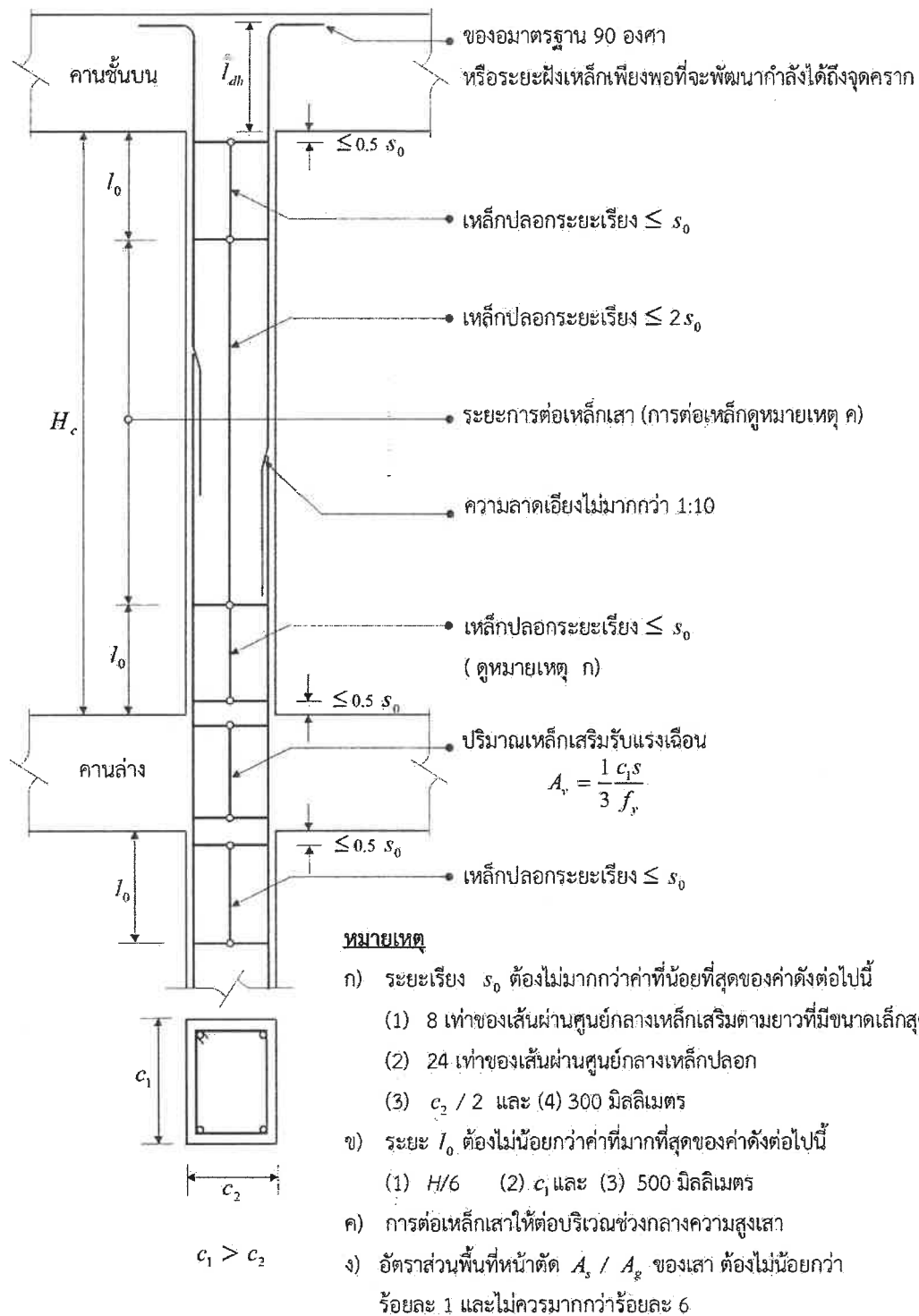
รายละเอียดการเสริมเหล็กโครงสร้างต้านแรงดัด
ที่มีความเหนียวจำกัดสำหรับโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก



รูปที่ 5.2-2 ตัวอย่างการคำนวณกำลังต้านแรงเฉือนตามข้อ 5.2.7.2.1

หมายเหตุ: นำหน้าบรรทุกทุกปรับค่า W_n และ P_n ให้คำนวณจากชุดน้ำหนักบรรทุกรวมระหว่างน้ำหนักบรรทุกคงที่ น้ำหนักบรรทุกจร และแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหว

29



รูปที่ 5.2-4 รายละเอียดการเสริมเหล็กในเสา (ใช้ในกรณีไม่มีผนังอิฐก่อ)

- (2) ข้อต่อที่ได้รับการยึดรัดจากคาน 3 ด้าน หรือคาน 2 ด้านที่อยู่ตรงข้ามกัน
[รูปที่ 5.2-6 (ข)]

$$V_n = 1.25\sqrt{f'_c}A_j \quad (5.2-9)$$

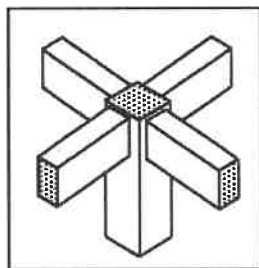
(หรือ $V_n = 4.0\sqrt{f'_c}A_j$ ในหน่วยเมตริก)

- (3) ข้อต่ออื่น ๆ [รูปที่ 5.2-6 (ค)]

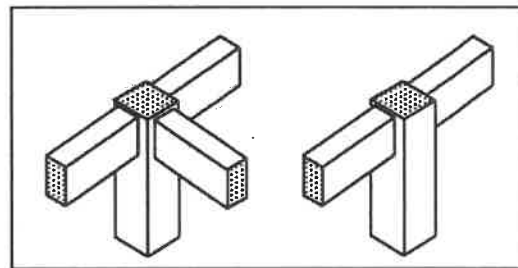
$$V_n = 1.0\sqrt{f'_c}A_j \quad (5.2-10)$$

(หรือ $V_n = 3.2\sqrt{f'_c}A_j$ ในหน่วยเมตริก)

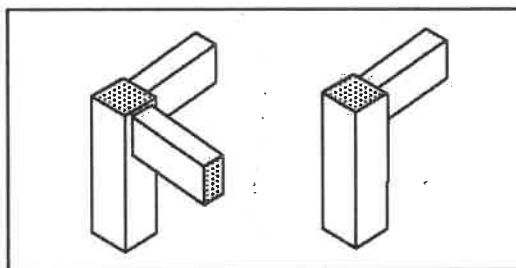
โดยที่ A_j เป็นพื้นที่ด้านแรงเฉือนในแนวนอนประสิทธิผลของข้อต่อ ดังแสดงในรูปที่ 5.2-7 และจะถือว่าข้อต่อได้รับการยึดรัดจากคานก็ต่อเมื่อคานที่เข้ามายึดรัดนั้นมีความกว้างไม่น้อยกว่าสามในสี่ของความกว้างเสาในด้านที่คานเข้ามาบรรจบ และมีความลึกไม่น้อยกว่าสามในสี่ของความลึกคานตัวที่ลึกที่สุดที่เข้ามาบรรจบกันที่ข้อต่อ



(ก) ข้อต่อที่ได้รับการยึดรัดจากคานทั้ง 4 ด้าน



(ข) ข้อต่อที่ได้รับการยึดรัดจากคาน 3 ด้าน
หรือคาน 2 ด้านที่อยู่ตรงข้ามกัน

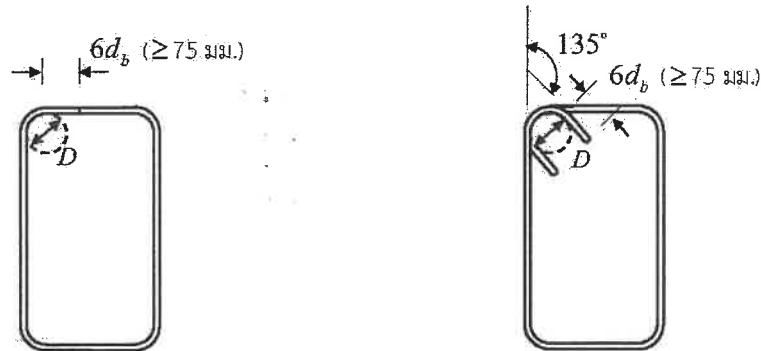


(ค) ข้อต่ออื่น ๆ

รูปที่ 5.2-6 ข้อต่อประเภทต่าง ๆ สำหรับการคำนวณกำลังด้านแรงเฉือนระบุ (V_n)

5.2.7.6 ของอสำหรับโครงสร้างรับแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว

ของอของเหล็กปลอกลูกตั้ง (Stirrup) และเหล็กปลอกกรัดรอบ (Hoop) โดยทั่วไปอาจตัดเป็นมุม 90 องศา และมีส่วนปลายยื่นต่อไปอีกไม่น้อยกว่า 6 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กปลอก (รูปที่ 5.2-8) สำหรับอาคารสาธารณะ เช่น โรงมหรสพ หอประชุม โรงแรม โรงพยาบาล สถานศึกษา เป็นต้น หรืออาคารที่ออกแบบให้มีความเหนียว ของอดังกล่าวควรมีการตัดเป็นมุม 135 องศา หรือในกรณีที่ทำเป็นของอ 90 องศา ควรยึดด้วยคลิปของอ (Hook-Clip) เพื่อรัดขาของอ 90 องศา ในบริเวณใกล้ข้อต่อ (ระยะ $2h$ ในรูปที่ 5.2-3 หรือ l_0 ในรูปที่ 5.2-4)



(ก) ของอ 90 องศา
(สำหรับอาคารทั่วไป)

(ข) ของอ 135 องศา
(สำหรับอาคารสาธารณะ)

รูปที่ 5.2-8 รายละเอียดของอสำหรับโครงสร้างรับแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหวสำหรับโครงสร้างแรงดัดที่มีความเหนียวปานกลาง

5.2.8 ข้อกำหนดเกี่ยวกับคานในโครงสร้างแรงดัดที่มีความเหนียวพิเศษ

5.2.8.1 ขอบข่าย (Scope)

ข้อกำหนด 5.2.8 เป็นข้อกำหนดเพิ่มเติมจากข้อ 5.2.7 โดยให้ใช้ข้อกำหนดที่เข้มงวดกว่าในทั้ง 2 หัวข้อ

คานในโครงสร้างแรงดัดที่มีความเหนียวพิเศษเป็นไปตามข้อ 5.2.8.1.1 จนถึง 5.2.8.1.4 ดังนี้

5.2.8.1.1 แรงอัดตามแนวแกนปรับค่าที่กระทำต่อชิ้นส่วน P_u จะต้องไม่เกิน $A_g f'_c / 10$

5.2.8.1.2 ความยาวช่วงว่างของชิ้นส่วน l_n จะต้องไม่น้อยกว่า 4 เท่าของความลึกประสิทธิผล

5.2.8.1.3 ความกว้างของชิ้นส่วน, b_w ต้องไม่น้อยกว่าค่าที่น้อยกว่าระหว่าง $0.3h$ และ 250 มิลลิเมตร

5.2.8.1.4 ระยะของหน้าตัดคานที่ยื่นเลยจากขอบเสาในแต่ละด้านจะต้องไม่เกินค่าที่น้อยกว่าระหว่างความกว้างของเสา หรือ สามในสี่ของความลึกของเสา

5.2.8.2 เหล็กเสริมตามยาว

5.2.8.2.1 ที่หน้าตัดใด ๆ ของคาน ต้องเสริมเหล็กตามแนวยาวทั้งเหล็กบนและเหล็กล่างตามหลักเกณฑ์ของการเสริมเหล็กรับแรงดัดตามมาตรฐานที่เป็นยอมรับ โดยที่ปริมาณเหล็กเสริมจะต้องไม่น้อยกว่า $1.4b_w d / f_y$ (หรือ $14b_w d / f_y$ ในหน่วยเมตริก) ยกเว้นว่าได้เสริมเหล็กไว้เกิน $1/3$ ของปริมาณที่ได้จากการคำนวณ และอัตราส่วนเหล็กเสริม, ρ จะต้องไม่เกิน 0.025 และจะต้องมีเหล็กตามแนวยาวอย่างน้อย 2 เส้นวางต่อเนื่องทั้งด้านบนและด้านล่างของหน้าตัด

5.2.8.2.2 กำลังด้านโมเมนต์บวกที่หน้าข้อต่อต้องไม่น้อยกว่าครึ่งหนึ่งของกำลังด้านโมเมนต์ลบที่หน้าข้อต่อนั้น และกำลังด้านโมเมนต์บวกและลบที่หน้าตัดใด ๆ ตลอดความยาวชิ้นส่วน ต้องไม่น้อยกว่าหนึ่งในสี่ของกำลังด้านโมเมนต์สูงสุดที่หน้าข้อต่อ

5.2.8.2.3 การหาบเหล็กเสริมรับแรงดัด จะยอมให้ทำได้เฉพาะในกรณีที่มีเหล็กปลอกจรรรอบหรือเหล็กปลอกเกลียวตลอดการหาบเหล็กนั้น ระยะเรียงของเหล็กปลอกดังกล่าวต้องไม่เกินค่าที่น้อยกว่าระหว่าง 1 ใน 4 ของความลึกประสิทธิผล และ 100 มิลลิเมตร การหาบเหล็กจะไม่ยอมให้ใช้ในบริเวณ

(1) ภายในข้อต่อ

(2) ภายในระยะสองเท่าของความลึกของชิ้นส่วนวัดจากหน้าข้อต่อและ

(3) ในบริเวณที่ผลการวิเคราะห์ชี้ว่าเกิดการครากของหน้าตัดเนื่องจากการเคลื่อนที่ด้านข้างแบบไม่ยืดหยุ่นของโครง

5.2.8.3 เหล็กเสริมทางขวาง

5.2.8.3.1 เหล็กปลอกจรรรอบ (Hoop) จะต้องเสริมในบริเวณต่อไปนี้ของคาน

(1) ตลอดระยะเท่ากับสองเท่าของความลึกคานวัดจากผิวของฐานรองไปศูนย์กลางช่วงคานที่ปลายคานทั้งสองด้าน

(2) ตลอดความยาวเท่ากับสองเท่าของความลึกคาน วัดออกไปทั้งสองด้านของหน้าตัดที่คาดว่าจะเกิดครากเมื่อโครงสร้างเกิดการเคลื่อนที่ด้านข้างแบบไม่ยืดหยุ่น

5.2.8.3.2 เหล็กปลอกจรรรอบตำแหน่งแรกต้องอยู่ไม่เกิน 50 มิลลิเมตร จากขอบของฐานรอง ระยะเรียงของเหล็กปลอกจรรรอบต้องไม่เกินค่าที่น้อยที่สุดของค่าดังต่อไปนี้

(1) 1 ใน 4 ของความลึกประสิทธิผล

(2) 8 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กเสริมตามยาวที่เล็กที่สุด

(3) 24 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กปลอกจรรรอบ

(4) 300 มิลลิเมตร

5.2.9 ข้อกำหนดเกี่ยวกับเสาในโครงด้านแรงดัดที่มีความเหนียวพิเศษ

5.2.9.1 ขอบเขต (Scope)

ข้อกำหนด 5.2.9 เป็นข้อกำหนดเพิ่มเติมจากข้อ 5.2.7 โดยให้ใช้ข้อกำหนดที่เข้มงวดกว่าในทั้ง 2 หัวข้อ

ข้อกำหนดนี้ใช้กับเสาในโครงด้านแรงดัดที่ (1) ด้านแรงแผ่นดินไหว (2) มีค่าแรงตามแนวแกนปรับค่าเกิน $A_g f'_c / 10$ ซึ่งขนาดและสัดส่วนของหน้าตัดเสาจะต้องเป็นไปตามข้อ (ก) และ (ข) ดังนี้

(ก) มิตของหน้าตัดเสาที่สั้นที่สุด ซึ่งวัดจากเส้นตรงที่ลากผ่านจุดศูนย์กลางของหน้าตัด ต้องไม่ต่ำกว่า 300 มิลลิเมตร

(ข) อัตราส่วนของมิติที่สั้นที่สุดของเสาต่อมิติที่ตั้งฉากกัน ต้องไม่น้อยกว่า 0.4

5.2.9.2 กำลังด้านโมเมนต์ดัดขั้นต่ำของเสา

5.2.9.2.1 กำลังด้านโมเมนต์ดัดของเสาต้องเป็นไปตามข้อ 5.2.9.2.2 หรือ 5.2.9.2.3 สำหรับเสาที่ไม่เป็นไปตาม 5.2.9.2.2 ไม่ต้องนำมาพิจารณาในการคำนวณกำลังและสถิติฟเนสเพื่อการด้านแรงด้านข้างของโครงสร้าง แต่ให้ถือว่าเป็นชิ้นส่วนของโครงสร้างที่ไม่ได้เป็นส่วนหนึ่งของระบบด้านแรงแผ่นดินไหว

5.2.9.2.2 กำลังด้านโมเมนต์ดัดครีบูของเสา ต้องเป็นไปตามสมการ 5.2-11

$$\sum M_{nc} \geq (6/5) \sum M_{nb} \quad (5.2-11)$$

โดยที่ $\sum M_{nc}$ คือ ผลรวมของกำลังด้านโมเมนต์ดัดครีบูของเสา ณ จุดต่อนั้น โดยให้คำนวณที่ขอบของจุดต่อ การคำนวณกำลังด้านโมเมนต์ดัดครีบูของเสานั้น ให้คำนึงถึงค่าแรงอัดตามแนวแกนที่กระทำต่อเสาในลักษณะที่ทำให้มีค่ากำลังด้านโมเมนต์ดัดต่ำที่สุด

$\sum M_{nb}$ คือ ผลรวมของกำลังด้านโมเมนต์ดัดของคาน ณ จุดต่อนั้น คำนวณที่ขอบของจุดต่อ ในกรณีที่คานมีหน้าตัดตัวที่ ซึ่งพื้นที่เป็นปีกคานทำหน้าที่รับแรงดัด ให้พิจารณาเหล็กเสริมในช่วงความกว้างประสิทธิผลของพื้นที่ในการคำนวณกำลังด้านทานโมเมนต์ดัดของคานด้วย

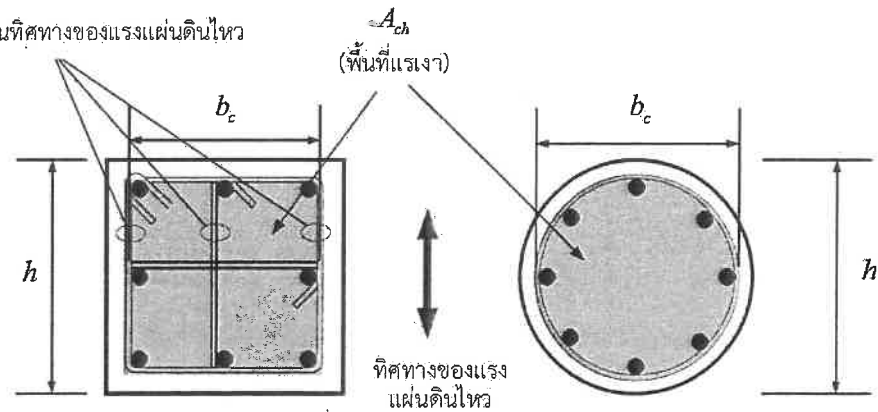
การรวมค่าโมเมนต์ดัดครีบูข้างต้นให้มีสมมุติฐานว่า โมเมนต์ในเสากระทำในทิศตรงข้ามกับโมเมนต์ในคาน

5.2.9.2.3 หากไม่สามารถเป็นไปตาม 5.2.9.2.2 แล้ว ให้เสริมเหล็กปลอกในเสาที่รองรับข้อต่อดังกล่าว ด้วยเหล็กเสริมตามขวางตามข้อ 5.2.9.4.1 จนถึง 5.2.9.4.3 ตลอดความสูงเสา

5.2.9.3 เหล็กเสริมตามยาว

5.2.9.3.1 พื้นที่หน้าตัดเหล็กเสริมตามยาว A_s ต้องไม่ต่ำกว่า $0.01A_g$ แต่ไม่มากกว่า $0.06A_g$

A_{sh} : พื้นที่หน้าตัดของเหล็กตามขวางในทิศทางของแรงแผ่นดินไหว

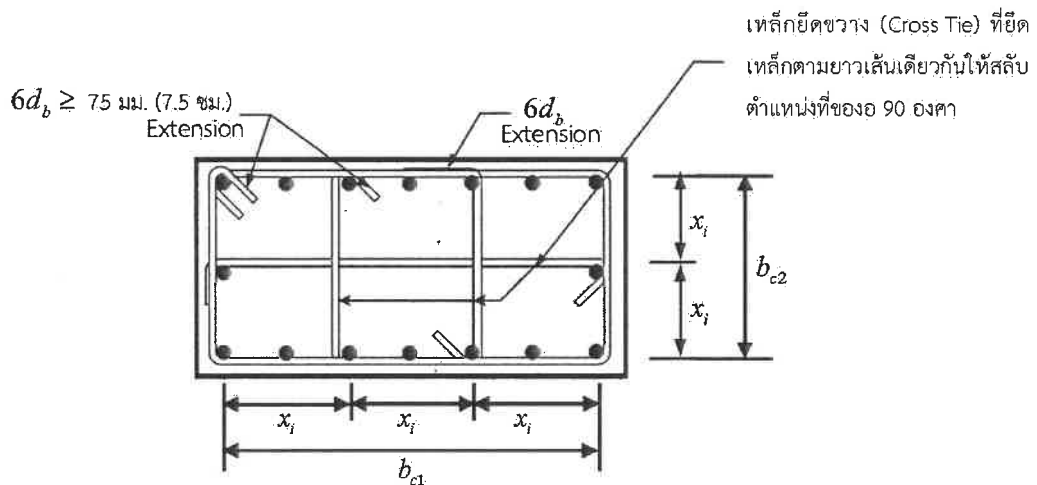


b_c : ขนาดของแกนเสาวัดระหว่างจุดศูนย์กลางของเหล็ก

A_{ch} : พื้นที่ภายในเส้นรอบวงของเหล็กปลอกัดจากผิวหน้าของเหล็กปลอกัด

รูปที่ 5.2-9 นิยามของตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องตามสูตร

(3) เหล็กเสริมตามขวาง อาจใช้เป็น เหล็กปลอกัดรอบแบบเส้นเดียว หรือ หลายเส้นซ้อนกัน และอนุญาตให้ใช้ เหล็กยึดขวาง (Cross Tie) ซึ่งมีขนาดและระยะเรียงเท่ากับเหล็กปลอกัดรอบได้ โดยปลายแต่ละด้านของเหล็กยึดขวางจะต้องยึดกับเหล็กเสริมตามยาว เหล็กยึดขวางที่วางเรียงกันไป ควรจะสลับทิศทางปลายยึดเหล็กตามยาว



โดยที่ $x_i \leq 350$ มม. (35 ซม.)

x_i = ค่าสูงสุดของค่า x_i ทุก ๆ ด้าน

รูปที่ 5.2-10 ตัวอย่างเหล็กเสริมหลักและเหล็กปลอกัดในเสา

5.2.9.4.3 ระยะตามแนวนอนของเหล็กยึดขวางหรือขาของเหล็กปลอกที่รอบที่วางซ้อนกัน
ต้องไม่เกิน 350 มม. วัดจากศูนย์กลางถึงศูนย์กลาง

5.2.9.4.4 เหล็กเสริมตามขวางตามที่กำหนดใน 5.2.9.4.1 ถึง 5.2.9.4.3 ให้วางภายในระยะ
 L_0 จากขอบของข้อต่อทั้งสองด้าน และจากหน้าตัดที่คาดว่าจะมีการครากของเหล็ก
ตามแนวยาวเกิดขึ้น โดยระยะ L_0 ต้องไม่น้อยกว่าค่าที่มากที่สุดระหว่าง

- (1) มิติที่มากที่สุดของหน้าตัดเสา
- (2) 1 ใน 6 เท่าของความสูงจากขอบถึงขอบของเสา
- (3) 500 มม.

5.2.9.4.5 เสาที่รองรับแรงจากชั้นส่วนเกร็งที่ไม่ต่อเนื่องเช่น จาก กำแพง จะต้องเสริมเหล็ก
ตามขวางตามข้อกำหนด 5.2.9.4.1 จนถึง 5.2.9.4.3 ตลอดความสูงเสาได้ระดับที่
เกิดความไม่ต่อเนื่อง เมื่อแรงอัดตามแนวแกนปรับค่าภายใต้แรงที่รวมแผ่นดินไหวมี
ค่าเกิน

เหล็กเสริมตามขวางตามที่ระบุใน 5.2.9.4.1 จนถึง 5.2.9.4.3 จะต้องเสริมให้เล็กลง
ไปในชั้นส่วนที่ไม่ต่อเนื่องอีกเป็นระยะอย่างน้อยเท่ากับระยะฝังภายใต้แรงดึง
คำนวณโดยใช้เส้นผ่านศูนย์กลางเหล็กตามยาวในเสาที่มีขนาดใหญ่ที่สุด

เมื่อปลายล่างของเสาตั้งอยู่บนกำแพง เหล็กเสริมตามขวางตามที่ระบุใน 5.2.9.4.1
จนถึง 5.2.9.4.3 จะต้องเสริมเล็กลงไปในกำแพงเป็นระยะไม่น้อยกว่า L_d ซึ่ง
คำนวณจากเหล็กเสริมยาวขนาดใหญ่ที่สุด

เมื่อเสาตั้งอยู่บนฐานราก เหล็กเสริมตามขวางตามที่ระบุใน 5.2.9.4.1 จนถึง
5.2.9.4.3 จะต้องเสริมเล็กลงไปในฐานรากเป็นระยะไม่น้อยกว่า 300 มม.

5.2.9.4.6 ในบริเวณอื่นของเสาที่ไม่ได้เสริมเหล็กปลอกขวางตามที่ระบุใน ข้อ 5.2.9.4.1 จนถึง
5.2.9.4.3 ตลอดความสูงเสา ให้เสริมเหล็กปลอกเกลียวหรือปลอกที่รอบที่มีระยะ
เรียงจากศูนย์กลางถึงศูนย์กลางไม่เกินค่าที่น้อยกว่าระหว่าง 6 เท่าของเส้นผ่าน
ศูนย์กลางของเหล็กตามแนวยาวและ 150 มม.

5.2.10.2 เหล็กเสริมตามขวาง

5.2.10.2.1 ให้เสริมเหล็กปลอกกรอบตามข้อ 5.2.9.4 ในข้อต่อ ถ้าหากว่าข้อต่อนั้นไม่ได้ถูกยึดรัดโดยคานตามข้อ 5.2.10.2.2

5.2.10.2.2 เมื่อข้อต่อมีคานเข้ามาชนทั้ง 4 ด้าน และความกว้างของคานอย่างน้อยเท่ากับสามในสี่ของความกว้างเสา ให้ใส่เหล็กเสริมตามขวางเป็นปริมาณอย่างน้อยเท่ากับครึ่งหนึ่งของที่ระบุใน 5.2.9.4.1 ภายในระยะความสูง h ของคานที่มีความลึกที่น้อยที่สุดที่เข้ามาชนกับจุดต่อ และระยะเรียงตามทีระบุใน 5.2.9.4.2 สามารถปรับเปลี่ยนเป็น 150 มม. ได้

5.2.10.2.3 ในกรณีที่ไม่มีคานเข้ามาชนกับข้อต่อ ให้เสริมเหล็กเสริมตามขวางตามที่ระบุใน 5.2.9.4 ภายในข้อต่อเพื่อที่จะให้เกิดการโอברัด (Confinement) ให้แก่เหล็กตามยาวในคาน

5.2.10.3 กำลังต้านแรงเฉือน (Shear Strength)

กำลังต้านแรงเฉือน V_n ของข้อต่อ ให้คำนวณจากสูตรสำหรับคอนกรีตน้ำหนักปกติตาม 5.2.7.5.3 สำหรับคอนกรีตน้ำหนักเบาให้ใช้ค่ากำลังต้านแรงเฉือนของข้อต่อไม่เกิน 3 ใน 4 ของค่าที่กำหนด

5.2.10.4 ระยะฝังของเหล็กเสริมรับแรงดึง

5.2.10.4.1 ระยะฝังของเหล็กเสริม l_{dh} ที่ทำของมาตรฐาน 90 องศาจะต้องไม่น้อยกว่าค่าที่มากที่สุดระหว่าง 8 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลาง และ 150 มม. และความยาวที่กำหนดตามสมการ

$$l_{dh} = f_y d_b / (5.3 \sqrt{f'_c}) \quad (5.2-17)$$

(หรือ $l_{dh} = f_y d_b / (17 \sqrt{f'_c})$ ในหน่วยเมตริก)

สำหรับเหล็กที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 9 – 32 มม.

สำหรับคอนกรีตน้ำหนักเบา ระยะฝัง l_{dh} จะต้องไม่น้อยกว่าค่าที่มากที่สุดระหว่าง 10 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลาง และ 200 มม. และ 1.25 เท่าของค่าที่คำนวณจากสมการข้างต้น

ของ 90 องศาจะต้องอยู่ภายในแกนเสาที่ถูกยึดรัดหรือภายในชิ้นส่วนขอบเขต (Boundary Element)



5.2.11.2 เหล็กเสริม

5.2.11.2.1 อัตราส่วนเหล็กเสริมในส่วนนอกกำแพง ρ_t และ ρ_l จะต้องไม่น้อยกว่า 0.0025 ยกเว้นเมื่อแรงเฉือนปรับค่า V_n มีค่าไม่เกิน $0.083A_{cv}\sqrt{f'_c}$ (หน่วย SI) [หรือ $0.265A_{cv}\sqrt{f'_c}$ (หน่วย เมตริก)] อนุญาตให้ลด ρ_t และ ρ_l ลงได้ตามที่กำหนด ในมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง

ระยะเรียงของเหล็กเสริมในแต่ละทิศทางต้องไม่เกิน 450 มม. เหล็กเสริมที่นำมาคำนวณกำลังต้านทานแรงเฉือน V_n จะต้องวางกระจายอย่างต่อเนื่องตลอด ระบายเฉือน

5.2.11.2.2 หากค่าแรงเฉือนปรับค่า V_n มีค่าเกิน $0.166A_{cv}\sqrt{f'_c}$ (หน่วย SI) [หรือ $0.53A_{cv}\sqrt{f'_c}$ (หน่วย เมตริก)] จะต้องเสริมเหล็กปลอกในกำแพงอย่างน้อย 2 ชั้นที่ผิวกำแพง

5.2.11.3 แรงที่ใช้ออกแบบ

แรงเฉือนปรับค่าที่ใช้ออกแบบกำแพง V_n ได้มาจากการวิเคราะห์แรงด้านข้าง

5.2.11.4 กำลังต้านแรงเฉือน

5.2.11.4.1 กำลังต้านแรงเฉือนระบุของกำแพง V_n มีค่าไม่เกิน

$$V_n = A_{cv}(\alpha_c\sqrt{f'_c} + \rho_t f_y) \quad (5.2-18)$$

โดยที่ค่าสัมประสิทธิ์ α_c เท่ากับ 0.249 (หน่วย SI) [หรือ 0.795 (หน่วยเมตริก)] เมื่อ $h_w/l_w \leq 1.5$ และ เท่ากับ 0.166 (หน่วย SI) [หรือ 0.53 (หน่วยเมตริก)] เมื่อ $h_w/l_w \geq 2.0$ และแปรผันเชิงเส้น เมื่อ h_w/l_w อยู่ระหว่าง 1.5 และ 2.0

5.2.11.4.2 ในการคำนวณตามข้อ 5.2.11.4.1 อัตราส่วน h_w/l_w ที่ใช้ในการหาค่า V_n สำหรับแต่ละชิ้นส่วนของกำแพง (Wall Segments) ให้ใช้ค่าที่มากกว่าระหว่าง อัตราส่วนของกำแพงทั้งผืนและของเฉพาะชิ้นส่วนกำแพงที่พิจารณา

5.2.11.4.3 เหล็กเสริมในกำแพงที่ต้านแรงเฉือนต้องเป็นเหล็กเสริมกระจายในสองทิศทางที่ตั้งฉากกันในระนาบของกำแพง ในกรณีที่อัตราส่วน h_w/l_w ไม่เกิน 2.0 อัตราส่วนเหล็กเสริม ρ_t ต้องไม่น้อยกว่าอัตราส่วนเหล็กเสริม ρ_l

ค่า c ในสมการ (5.2-19) เป็นค่าความลึกของแกนสะเทินที่มากที่สุดคำนวณภายใต้แรงตามแนวแกนปรับค่าร่วมกับกำลังต้านโมเมนต์ระบุที่สอดคล้องกับการเคลื่อนตัวด้านข้างออกแบบ δ_u อัตราส่วน δ_u / h_w ในสมการ (5.2-19) จะต้องไม่น้อยกว่า 0.007

- (2) เมื่อต้องมีการเสริมชิ้นส่วนขอบเขตตามข้อ 5.2.11.6.2 (1) เหล็กเสริมในชิ้นส่วนขอบเขตต้องมีความยาวในแนวดิ่งวัดออกจากหน้าตัดวิกฤติเป็นระยะไม่น้อยกว่าค่าที่มากกว่าระหว่าง l_w และ $M_u / 4V_u$

5.2.11.6.3 สำหรับกำแพงโครงสร้างที่ไม่ได้ออกแบบตามข้อ 5.2.11.6.2 ให้เสริมชิ้นส่วนขอบเขตที่ปลายกำแพงและข้อบรอบช่องเปิดเมื่อหน่วยแรงอัดสูงสุดภายใต้แรงแผ่นดินไหวปรับค่ามีค่าเกิน $0.2f'_c$ และสามารถหยุดการเสริมชิ้นส่วนขอบเขตได้ในตำแหน่งที่ค่าหน่วยแรงอัดน้อยกว่า $0.15f'_c$ การคำนวณหน่วยแรงอัดให้คำนวณตามทฤษฎียืดหยุ่นเชิงเส้นและใช้คุณสมบัติของหน้าตัดรวม สำหรับกำแพงที่มีปีก ให้คำนวณความกว้างประสิทธิผลตามข้อ 5.2.11.5.2

5.2.11.6.4 เมื่อจำเป็นต้องเสริมชิ้นส่วนขอบเขตตามข้อ 5.2.11.6.2 หรือ 5.2.11.6.3 ให้ทำตามข้อ (1) ถึง (5) ต่อไปนี้

- (1) ชิ้นส่วนขอบเขตควรจะต้องมีความยาววัดจากผิวที่รับแรงอัดไม่น้อยกว่าค่าที่มากกว่าระหว่าง $c - 0.1l_w$ และ $c/2$ เมื่อ c คือความลึกแกนสะเทินที่มากที่สุดที่คำนวณภายใต้แรงตามแนวแกนปรับค่าและค่ากำลังต้านโมเมนต์ระบุที่สอดคล้องกับ δ_u
- (2) สำหรับหน้าตัดกำแพงที่มีลักษณะเป็นปีก ชิ้นส่วนขอบเขตให้นับรวมส่วนความกว้างประสิทธิผลด้วยและต้องมีความลึกอย่างน้อย 300 มม. เข้าไปในส่วนนอกกำแพง
- (3) เหล็กเสริมตามขวางในชิ้นส่วนขอบเขตให้เป็นไปตามข้อ 5.2.9.4.1 ถึง 5.2.9.4.3 ยกเว้นสมการ 5.2-13
- (4) ให้เสริมเหล็กเสริมตามขวางในชิ้นส่วนขอบเขตที่ฐานกำแพงลงไปในฐานรองรับเป็นระยะอย่างน้อยเท่ากับระยะฝั่งของเหล็กเสริมตามยาวที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากที่สุด ในกรณีที่ชิ้นส่วนขอบเขตตั้งบนฐานราก ให้เสริมเหล็กเสริมตามขวางลึกลงไปในฐานรากอย่างน้อย 300 มม.
- (5) สำหรับเหล็กเสริมแนวราบที่อยู่ในอกกำแพง ให้ทำการเสริมเหล็กดังกล่าวในแกนของชิ้นส่วนขอบเขตเพื่อให้สามารถรับแรงดึงได้ถึงจุดคราก

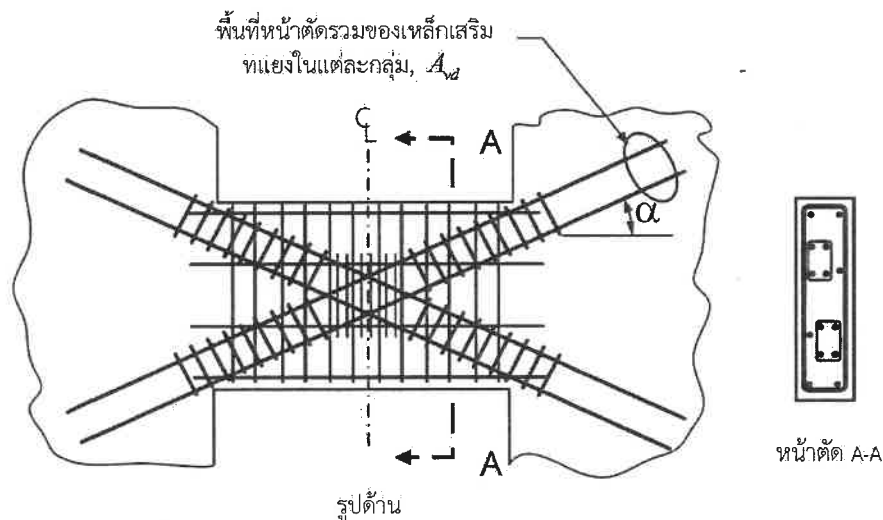


$$V_n = 2A_{vd}f_y \sin \alpha < 0.85\sqrt{f'_c}A_{cw} \quad (5.2-20)$$

$$(V_n = 2A_{vd}f_y \sin \alpha < 2.65\sqrt{f'_c}A_{cw} \text{ ในหน่วยเมตริก})$$

โดยที่ α คือ มุมระหว่างเหล็กเสริมทแยงมุมกับแกนตามยาวของคานยึดควบ

- (3) เหล็กเสริมตามขวางที่เสริมรอบเหล็กทแยงมุม ต้องทำตามข้อ 5.2.9.4.1 ถึง 5.2.9.4.3
- (4) เหล็กเสริมทแยงมุมต้องฝังยึดให้รับแรงดึงถึงจุดคราก
- (5) พื้นที่หน้าตัดเหล็กเสริมทแยงมุมให้นำมาคำนวณกำลังต้านโมเมนต์ระนาบ M_n ของคานยึดควบ
- (6) ให้เสริมเหล็กเสริมตามยาวและเหล็กเสริมตามขวางในคานยึดควบ โดยใช้เหล็กเสริมขั้นต่ำตามข้อกำหนดคานหลัก



รูปที่ 5.2-13 ตัวอย่างการวางเหล็กเสริมทแยงมุมในคานยึดควบ

5.2.11.8 รอยต่อก่อสร้าง

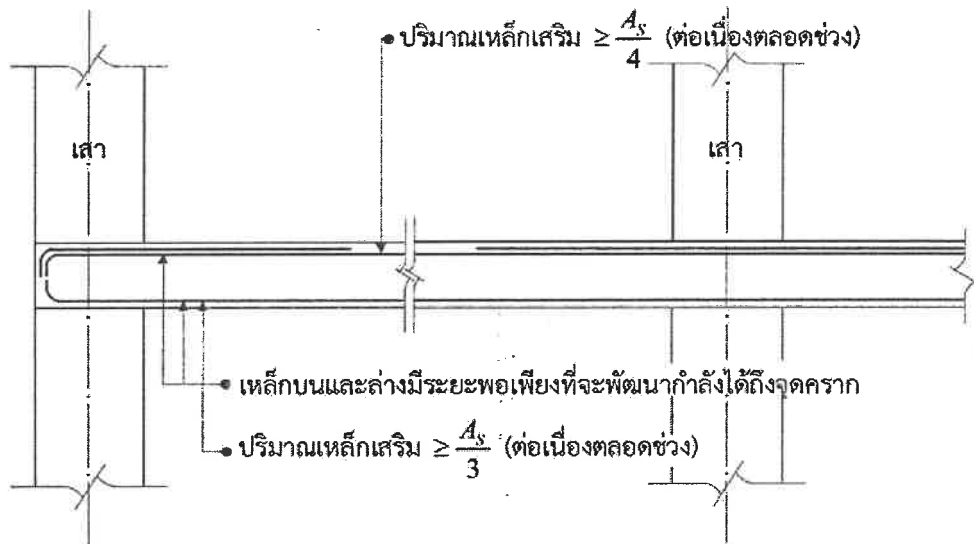
ผิวของรอยต่อก่อสร้างในกำแพงเฉือน จะต้องทำให้เกิดความหยาบตามที่มาตรฐานกำหนด

5.2.11.9 กำแพงที่ขาดความต่อเนื่อง

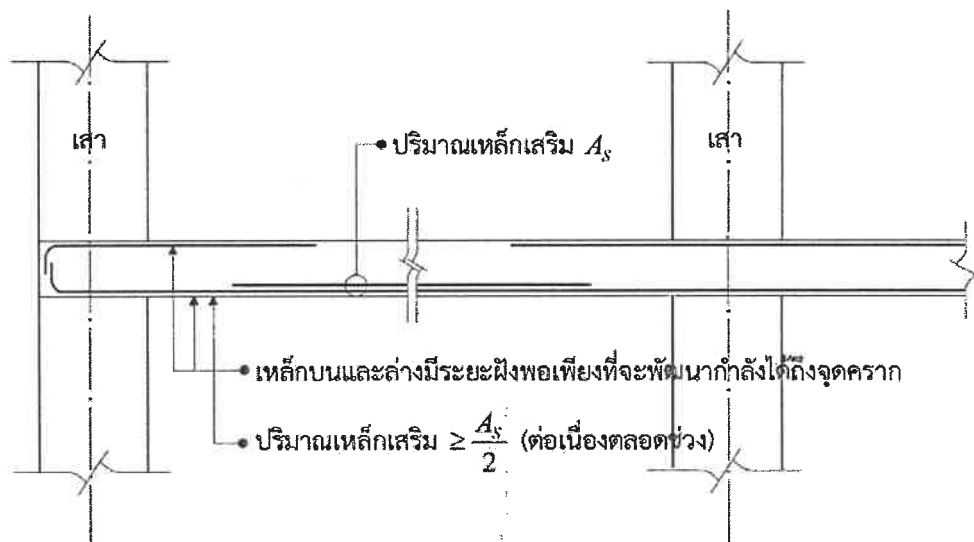
เสาที่รองรับกำแพงที่ไม่ต่อเนื่อง ให้เสริมเหล็กตาม 5.2.9.4.5

5.2.12 การเสริมเหล็กในแผ่นพื้นสองทางคอนกรีตเสริมเหล็กแบบไร้คาน

การเสริมเหล็กในแผ่นพื้นสองทางคอนกรีตเสริมเหล็กแบบไร้คานที่พิจารณาว่าเป็นส่วนของโครงด้านแรงดัดรับแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหว ให้เสริมเหล็กตามรายละเอียดดังนี้ (รูปที่ 5.2-14)



(ข) รายละเอียดการเสริมเหล็กในแถบเสา



(ค) รายละเอียดการเสริมเหล็กในแถบกลาง

รูปที่ 5.2-14 รายละเอียดการเสริมเหล็กในแผ่นพื้นสองทางแบบไร้คาน (ต่อ)



กฎกระทรวง

กำหนดการรับน้ำหนัก ความต้านทาน ความคงทนของอาคาร
และพื้นดินที่รองรับอาคารในการต้านทานแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว
พ.ศ. ๒๕๖๔

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๕ (๓) แห่งพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. ๒๕๒๒ มาตรา ๘ (๑) (๓) (๑๑) และ (๑๒) แห่งพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. ๒๕๒๒ ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร (ฉบับที่ ๓) พ.ศ. ๒๕๔๓ และมาตรา ๘ วรคสอง แห่งพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. ๒๕๒๒ ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร (ฉบับที่ ๕) พ.ศ. ๒๕๕๘ รัฐมนตรีว่าการกระทรวงมหาดไทยโดยคำแนะนำของคณะกรรมการควบคุมอาคาร ออกกฎกระทรวงไว้ดังต่อไปนี้

ข้อ ๑ กฎกระทรวงนี้ให้ใช้บังคับเมื่อพ้นกำหนดหนึ่งร้อยแปดสิบวันนับแต่วันประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป

ข้อ ๒ ให้ยกเลิกกฎกระทรวงกำหนดการรับน้ำหนัก ความต้านทาน ความคงทนของอาคาร และพื้นดินที่รองรับอาคารในการต้านทานแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว พ.ศ. ๒๕๕๐

ข้อ ๓ ในกฎกระทรวงนี้

“บริเวณที่ ๑” หมายความว่า บริเวณหรือพื้นที่ที่ต้องเฝ้าระวังเนื่องจากมีความเป็นไปได้ว่าอาคารอาจได้รับผลกระทบทางด้านความมั่นคงแข็งแรงและเสถียรภาพเมื่อมีแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว ได้แก่ จังหวัดกระบี่ จังหวัดชุมพร จังหวัดตรัง จังหวัดนครพนม จังหวัดนครศรีธรรมราช จังหวัดบึงกาฬ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ จังหวัดพิษณุโลก จังหวัดเพชรบุรี จังหวัดเลย จังหวัดสงขลา จังหวัดสตูล จังหวัดสุราษฎร์ธานี และจังหวัดหนองคาย

“บริเวณที่ ๒” หมายความว่า บริเวณหรือพื้นที่ที่มีความเป็นไปได้ว่าอาคารอาจได้รับผลกระทบทางด้านความมั่นคงแข็งแรงและเสถียรภาพในระดับปานกลางเมื่อมีแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว ได้แก่ กรุงเทพมหานคร จังหวัดกำแพงเพชร จังหวัดชัยนาท จังหวัดนครปฐม จังหวัดนครสวรรค์ จังหวัดนนทบุรี จังหวัดปทุมธานี จังหวัดพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพิจิตร

(จ) สะพานหรือทางยกระดับที่มีช่วงระหว่างศูนย์กลางต่อมียาวตั้งแต่ ๑๐ เมตรขึ้นไป รวมถึงอาคารที่ใช้ในการควบคุมการจราจรของสะพานหรือทางยกระดับดังกล่าว

(ข) อุโมงค์ที่ใช้เป็นเส้นทางคมนาคมขนส่ง

(ค) เขื่อนเก็บกักน้ำ เขื่อนทดน้ำ หรือฝายทดน้ำ ที่ตัวเขื่อนหรือตัวฝายมีความสูงตั้งแต่ ๑๐ เมตรขึ้นไป รวมถึงอาคารประกอบที่ใช้ในการบังคับหรือควบคุมน้ำของเขื่อนหรือของฝายดังกล่าว

(ด) อาคารที่ทำการของส่วนราชการ รัฐวิสาหกิจ หรือหน่วยงานของรัฐ ที่จัดตั้งขึ้นตามกฎหมาย

(ด) เครื่องเล่นตามกฎหมายกระทรวงว่าด้วยการควบคุมเครื่องเล่น ที่โครงสร้างมีความสูงตั้งแต่ ๑๕ เมตรขึ้นไป

(๒) บริเวณที่ ๓

(ก) อาคารที่จำเป็นต่อการช่วยเหลือและบรรเทาภัยหลังเกิดเหตุการณ์แผ่นดินไหว ได้แก่ สถานพยาบาลที่รับผู้ป่วยไว้ค้างคืน สถานีดับเพลิง อาคารศูนย์บรรเทาสาธารณภัย อาคารศูนย์สื่อสาร ท่าอากาศยาน โรงไฟฟ้า หรือโรงผลิตและเก็บน้ำประปา

(ข) คลังสินค้าที่ใช้เป็นสถานที่เก็บรักษาวัตถุดิบตามกฎหมายว่าด้วยวัตถุดิบทรายประเภทวัตถุระเบิดได้ วัตถุไวไฟ วัตถุมีพิษ หรือวัตถุที่มีอันตราย

(ค) อาคารสาธารณะ

(ง) สถานรับเลี้ยงเด็กอ่อน สถานให้บริการดูแลผู้สูงอายุ หรือสถานสงเคราะห์ผู้สูงอายุ

(จ) เรือนจำตามกฎหมายว่าด้วยราชทัณฑ์

(ฉ) อาคารขนาดใหญ่พิเศษ

(ช) อาคารที่มีความสูงตั้งแต่ ๑๐ เมตร หรือ ๓ ชั้นขึ้นไป

(ซ) สะพานหรือทางยกระดับที่มีช่วงระหว่างศูนย์กลางต่อมียาวตั้งแต่ ๕ เมตรขึ้นไป รวมถึงอาคารที่ใช้ในการควบคุมการจราจรของสะพานหรือทางยกระดับดังกล่าว

(ณ) อุโมงค์ที่ใช้เป็นเส้นทางคมนาคมขนส่ง

(ญ) เขื่อนเก็บกักน้ำ เขื่อนทดน้ำ หรือฝายทดน้ำ ที่ตัวเขื่อนหรือตัวฝายมีความสูงตั้งแต่ ๑๐ เมตรขึ้นไป รวมถึงอาคารประกอบที่ใช้ในการบังคับหรือควบคุมน้ำของเขื่อน หรือของฝายดังกล่าว

(ฎ) อาคารที่ทำการของส่วนราชการ รัฐวิสาหกิจ หรือหน่วยงานของรัฐ ที่จัดตั้งขึ้นตามกฎหมาย

(ฏ) อาคารอยู่อาศัยและอาคารพาณิชย์ที่ดำเนินการตามกฎหมายว่าด้วยการจัดสรรที่ดิน

(ฐ) เครื่องเล่นตามกฎหมายกระทรวงว่าด้วยการควบคุมเครื่องเล่น ที่โครงสร้างมีความสูงตั้งแต่ ๑๐ เมตรขึ้นไป

การคำนวณพื้นที่อาคารตามวรรคหนึ่ง ให้นับพื้นที่ทางเดิน ห้องน้ำ ห้องส้วม หรือพื้นที่ที่เกี่ยวข้องกับกิจการและอยู่ภายในอาคารนั้นมารวมคำนวณด้วย สำหรับการคำนวณพื้นที่อาคาร

ให้กระทำโดยนิติบุคคลซึ่งได้รับใบอนุญาตประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุมหรือได้รับการรับรองโดยนิติบุคคลซึ่งได้รับใบอนุญาตประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม โดยนิติบุคคลนั้นต้องมีวิศวกรระดับวุฒิวิศวกร สาขาวิศวกรรมโยธา ตามกฎหมายว่าด้วยวิศวกร เป็นผู้ให้คำแนะนำปรึกษาและลงลายมือชื่อรับรองวิธีการคำนวณนั้นด้วย

การออกแบบและคำนวณระดับความรุนแรงของแผ่นดินไหวของอาคารตามวรรคหนึ่งให้ผู้ออกแบบและคำนวณใช้ค่าระดับความรุนแรงของแผ่นดินไหวไม่ต่ำกว่าระดับที่กำหนดไว้ในประกาศของรัฐมนตรีตามข้อ ๖

ข้อ ๙ อาคารตามข้อ ๔ ที่มีอยู่แล้วก่อนวันที่กฎกระทรวงนี้ใช้บังคับ ให้ได้รับยกเว้นไม่ต้องปฏิบัติตามกฎกระทรวงนี้

อาคารตามข้อ ๔ ที่ได้รับใบอนุญาตหรือใบรับแจ้งการก่อสร้าง ดัดแปลง หรือเปลี่ยนการใช้ตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคาร และยังก่อสร้าง ดัดแปลง หรือเปลี่ยนการใช้ไม่แล้วเสร็จ หรือที่ยื่นขออนุญาตหรือได้แจ้งการก่อสร้าง ดัดแปลง หรือเปลี่ยนการใช้อาคารต่อเจ้าพนักงานท้องถิ่นตามมาตรา ๓๙ ทวิ ไว้ก่อนวันที่กฎกระทรวงนี้ใช้บังคับ และยังอยู่ระหว่างการพิจารณาของเจ้าพนักงานท้องถิ่น ให้ได้รับยกเว้นไม่ต้องปฏิบัติตามกฎกระทรวงนี้ และหากอาคารนั้นเป็นอาคารที่เคยอยู่ภายใต้บังคับของกฎกระทรวงกำหนดการรับน้ำหนัก ความต้านทาน ความคงทนของอาคาร และพื้นดินที่รองรับอาคารในการต้านทานแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว พ.ศ. ๒๕๕๐ ก็ให้ปฏิบัติตามกฎกระทรวงดังกล่าวด้วยโดยอนุโลม

ให้ไว้ ณ วันที่ ๒๘ มกราคม พ.ศ. ๒๕๖๔

พลเอก อนุพงษ์ เผ่าจินดา

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงมหาดไทย



ประกาศกระทรวงมหาดไทย

เรื่อง การออกแบบและคำนวณโครงสร้างอาคารเพื่อต้านทานแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว

โดยที่เป็นการสมควรกำหนดหลักเกณฑ์การออกแบบและคำนวณอาคารต้านทานแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหวที่เป็นรายละเอียดด้านเทคนิคและหลักวิชาการต้านแผ่นดินไหวที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว เพื่อให้การก่อสร้างและดัดแปลงอาคารในบริเวณเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวมีความปลอดภัย

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๘ วรรคสอง แห่งพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. ๒๕๒๒ ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร (ฉบับที่ ๓) พ.ศ. ๒๕๔๓ ประกอบข้อ ๖ แห่งกฎกระทรวงกำหนดการรับน้ำหนัก ความต้านทาน ความคงทนของอาคารและพื้นดินที่รองรับอาคารในการต้านทานแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว พ.ศ. ๒๕๖๔ ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. ๒๕๒๒ ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร (ฉบับที่ ๕) พ.ศ. ๒๕๕๘ รัฐมนตรีว่าการกระทรวงมหาดไทยโดยคำแนะนำของคณะกรรมการควบคุมอาคาร ออกประกาศไว้ดังต่อไปนี้

ข้อ ๑ ประกาศนี้ให้ใช้บังคับตั้งแต่วันถัดจากวันประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป

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

“การเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ระหว่างชั้น” หมายความว่า การเคลื่อนตัวด้านข้างสัมพัทธ์ระหว่างพื้นของชั้นถัดไปที่อยู่เหนือชั้นที่พิจารณาและชั้นที่พิจารณา

“ไดอะแฟรม” หมายถึง ระบบโครงสร้างที่วางตัวอยู่ในแนวราบหรือใกล้เคียงแนวราบทำหน้าที่ส่งถ่ายแรงด้านข้างไปสู่ชิ้นส่วนในแนวดิ่งซึ่งเป็นส่วนของระบบต้านแรงด้านข้าง และหมายความรวมถึงระบบค้ำยันในแนวราบด้วย

“แผ่นดินไหวรุนแรงสูงสุดที่พิจารณา” หมายความว่า แผ่นดินไหวที่มีระดับความรุนแรงสูงสุดที่พิจารณาในมาตรฐานฉบับนี้ ซึ่งความน่าจะเป็นที่จะเกิดแผ่นดินไหวรุนแรงกว่าระดับที่พิจารณาเท่ากับร้อยละสองในช่วงเวลาห้าสิบปี

“แผ่นดินไหวสำหรับการออกแบบ” หมายความว่า แผ่นดินไหวที่มีระดับความรุนแรงเป็นสองในสามของแผ่นดินไหวรุนแรงสูงสุดที่พิจารณา

“วิธีคำนวณความต้านทานและน้ำหนักบรรทุก” หมายความว่า วิธีการออกแบบเพื่อหาขนาดสัดส่วนขององค์อาคาร โดยแรงที่เกิดขึ้นในองค์อาคารภายใต้น้ำหนักบรรทุกทุกใช้งานที่คูณด้วยตัวคูณน้ำหนัก

(๑) การจัดโครงสร้างทั้งระบบ การกำหนดรายละเอียดปลีกย่อยของชิ้นส่วนโครงสร้าง และบริเวณรอยต่อระหว่างปลายชิ้นส่วนโครงสร้างต่าง ๆ ให้มีความเหนียวต้องไม่ต่ำกว่าที่กำหนดในหมวด ๖

(๒) ระดับความรุนแรงของแผ่นดินไหวที่ใช้ในการออกแบบและคำนวณ ต้องไม่ต่ำกว่าที่กำหนดในหมวด ๒

(๓) ค่าแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหวที่เป็นแรงเฉือนที่ฐานอาคารที่คำนวณได้ต้องไม่น้อยกว่าค่าแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหวที่เป็นแรงเฉือนที่ฐานอาคาร ตามที่คำนวณได้จากวิธีใดวิธีหนึ่งตามข้อ ๙ (๑) หรือ (๒) หรือ (๓) ที่เหมาะสมตามเงื่อนไขที่กำหนดในประกาศนี้

หมวด ๒

ระดับความรุนแรงของแผ่นดินไหว

ข้อ ๖ ระดับความรุนแรงของแผ่นดินไหวที่ใช้ในการออกแบบและคำนวณโครงสร้างอาคารอยู่ในรูปของค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัม ซึ่งเป็นค่าบนพื้นดินและแปรเปลี่ยนตามคาบการสั่นพื้นฐานและอัตราส่วนความหน่วงของอาคาร โดยค่าความเร่งดังกล่าวได้จำแนกออกตามพื้นที่ที่ตั้งอาคารประกอบด้วย พื้นที่นอกแอ่งกรุงเทพมหานครและพื้นที่ในแอ่งกรุงเทพมหานคร ซึ่งในการออกแบบและคำนวณต้องปรับค่าดังกล่าวให้เป็นค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมสำหรับการออกแบบโดยมีรายละเอียดและหลักเกณฑ์ตามผนวก ก ห้ายประกาศนี้

หมวด ๓

ประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหว

ข้อ ๗ การออกแบบต้านทานแผ่นดินไหวตามประกาศนี้แยกเป็น ๒ กรณี ดังนี้

(๑) สำหรับบริเวณที่ ๑ ต้องออกแบบให้มีความเหนียวอย่างน้อยตามที่กำหนดในข้อ ๒๖ หรือข้อ ๒๗ โดยไม่จำเป็นต้องคำนวณแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหว

(๒) สำหรับบริเวณที่ ๒ และบริเวณที่ ๓ จะแบ่งประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหวออกเป็นสี่ประเภท ได้แก่ ประเภท ก ประเภท ข ประเภท ค และประเภท ง โดยเริ่มจากระดับที่ต้องออกแบบให้มีความเหนียวอย่างน้อยตามที่กำหนดในข้อ ๒๖ หรือข้อ ๒๗ แต่ไม่จำเป็นต้องคำนวณแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหว (ประเภท ก) ไปจนถึงระดับที่ต้องออกแบบอย่างเข้มงวดที่สุด (ประเภท ง) การกำหนดประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหวพิจารณาจากประเภทความสำคัญของอาคารตามข้อ ๘ และความรุนแรงของแผ่นดินไหว ณ ที่ตั้งอาคาร ซึ่งแสดงโดยค่า S_{DS} และ S_{D1} ตามข้อ ๖ และผนวก ก ห้ายประกาศนี้ โดยใช้เกณฑ์ที่กำหนดไว้ในตารางที่ ๑ และตารางที่ ๒ ซึ่งการแบ่งประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหวโดยพิจารณาจากค่า S_{DS} และ S_{D1} ตามประกาศนี้ กำหนดให้ใช้อัตราส่วนความหน่วงเท่ากับร้อยละห้ากับอาคารทุกประเภท

ข้อ ๘ ประเภทความสำคัญของอาคารจำแนกตามลักษณะการใช้งานและความสำคัญของอาคารที่มีต่อสาธารณชนและการบรรเทาภัยหลังเกิดเหตุ แบ่งออกเป็นสี่ประเภท คือ ประเภท I (น้อย), II (ปกติ), III (มาก), และ IV (สูงมาก) ดังแสดงในตารางที่ ๓ โดยอาคารแต่ละประเภทมีค่าตัวประกอบความสำคัญเพื่อใช้ในการออกแบบอาคารต้านทานแผ่นดินไหวแตกต่างกันตามข้อ ๒๓

ตารางที่ ๓ การจำแนกประเภทความสำคัญของอาคาร และค่าตัวประกอบความสำคัญของอาคาร

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 ศาลาสถาน 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) อาคารที่เป็นที่ชุมนุมในพื้นที่หนึ่ง ๆ ได้ตั้งแต่สามร้อยคนขึ้นไป (๑๐) อาคารประเภทอื่น ๆ ที่สามารถรองรับผู้มาใช้สอยอาคารได้ตั้งแต่ห้าพันคนขึ้นไป	III (มาก)



(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 $๓.๕T_s$

ข้อ ๑๒ การรวมผลของแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหวกับน้ำหนักบรรทุกในแนวดิ่งให้ใช้ได้ดังต่อไปนี้

(๑) วิธีรวมผลของแรงที่ไม่ต้องคำนึงถึงกำลังส่วนเกินของโครงสร้าง ให้ใช้วิธีรวมผลของแรงดังต่อไปนี้

(ก) สำหรับการออกแบบโดยวิธีตัวคูณความต้านทานและน้ำหนักบรรทุกทุก

$$๐.๗๕(๑.๔D + ๑.๗L) + ๑.๐E \quad (\text{สมการ ๑})$$

$$๐.๙D + ๑.๐E \quad (\text{สมการ ๒})$$

(ข) สำหรับการออกแบบโดยวิธีหน่วยแรงที่ยอมให้

$$๑.๐D + ๐.๗E \quad (\text{สมการ ๓})$$

$$๑.๐D + ๐.๕๒๕E + ๐.๗๕L \quad (\text{สมการ ๔})$$

$$๐.๖D + ๐.๗E \quad (\text{สมการ ๕})$$

(๒) วิธีรวมผลของแรงที่คำนึงถึงกำลังส่วนเกินของโครงสร้าง กรณีวิธีการออกแบบที่เลือกใช้กำหนดให้คำนึงถึงกำลังส่วนเกินของโครงสร้างในการออกแบบของอาคารบางองค์อาคาร ให้ใช้วิธีรวมผลของแรง ดังต่อไปนี้

(ก) สำหรับการออกแบบโดยวิธีตัวคูณความต้านทานและน้ำหนักบรรทุกทุก

$$๐.๗๕(๑.๔D + ๑.๗L) + \Omega_0 E \quad (\text{สมการ ๖})$$

$$๐.๙D + \Omega_0 E \quad (\text{สมการ ๗})$$

(ข) สำหรับการออกแบบโดยวิธีหน่วยแรงที่ยอมให้

$$๑.๐D + \Omega_0 E \quad (\text{สมการ ๘})$$

$$๑.๐D + ๐.๕๒๕\Omega_0 E + ๐.๗๕L \quad (\text{สมการ ๙})$$

$$๐.๖D + ๐.๗\Omega_0 E \quad (\text{สมการ ๑๐})$$



(๒) วิธีที่ให้แรงทั้งสองทิศทาง กระทำต่ออาคารพร้อมกัน

กรณีคำนวณแรงแผ่นดินไหวด้วยวิธีวิเคราะห์การตอบสนองแบบประวัติเวลา สามารถกำหนดให้เกิดแผ่นดินไหวในทั้งสองทิศทางหลักของอาคารพร้อมกัน ผลการตอบสนองที่วิเคราะห์ได้ คือ ผลรวมของแรงแผ่นดินไหวทั้งสองทิศทาง

ข้อ ๑๗ การคำนวณผลของแผ่นดินไหวจากแรงแผ่นดินไหวที่คำนวณโดยวิธีตามข้อ ๙ ให้เป็นไปตามมาตรฐานอื่นที่ได้รับการยอมรับทั่วไปและกรมโยธาธิการและผังเมืองเห็นชอบ

หมวด ๕

การคำนวณแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหวโดยวิธีแรงสถิตเทียบเท่า

ข้อ ๑๘ ให้คำนวณแรงสถิตเทียบเท่าในรูปของแรงเฉือนที่ฐานอาคาร (Seismic Base Shear, V , มีหน่วยเป็นนิวตัน) ดังนี้

$$V = C_s W \quad (\text{สมการ ๑๑})$$

โดยที่ C_s คือ สัมประสิทธิ์ผลตอบสนองแรงแผ่นดินไหว ตามข้อ ๑๙

W คือ น้ำหนักโครงสร้างประสิทธิผลของอาคาร (นิวตัน) ตามข้อ ๒๐

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 ห้ายประกาศนี้

I คือ ตัวประกอบความสำคัญของอาคาร ตามที่กำหนดในข้อ ๒๓

หาก C_s ที่คำนวณได้มีค่าน้อยกว่า ๐.๐๑ ให้ใช้ค่า ๐.๐๑

ข้อ ๒๐ น้ำหนักโครงสร้างประสิทธิผล (W) คือ น้ำหนักบรรทุกทุกแนวตั้งของอาคารที่นำมาพิจารณาในการวิเคราะห์ออกแบบโครงสร้างต้านทานแผ่นดินไหว โดยเป็นผลรวมของน้ำหนักบรรทุกคงที่ทั้งหมดของอาคาร และน้ำหนักบรรทุกทุกประเภทอื่น ๆ ดังต่อไปนี้

(๑) ร้อยละยี่สิบห้าของน้ำหนักบรรทุกจรสำหรับส่วนของอาคารที่ใช้เก็บเอกสารและพัสดุ แต่ทั้งนี้ยกเว้นในกรณีที่น้ำหนักจากพัสดุรวมแล้วมีค่าไม่ถึงร้อยละห้าของน้ำหนักประสิทธิผลในชั้นที่พิจารณา หรือในส่วนของอาคารที่เป็นลานจอดรถและเก็บรถยนต์ไม่จำเป็นต้องคำนึงถึงน้ำหนักในชั้นนี้



ข้อ ๒๓ ค่าตัวประกอบความสำคัญของอาคาร (I) ให้ใช้ ดังต่อไปนี้

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

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

ข้อ ๒๕ แรงเฉือนในแนวนอน ณ ชั้นใด ๆ ของอาคารที่เกิดจากแรงสถิตเทียบเท่า (V_x มีหน่วยเป็นนิวตัน) ให้คำนวณจาก

$$V_x = \sum_{i=x}^n F_i \quad (\text{สมการ ๑๘})$$

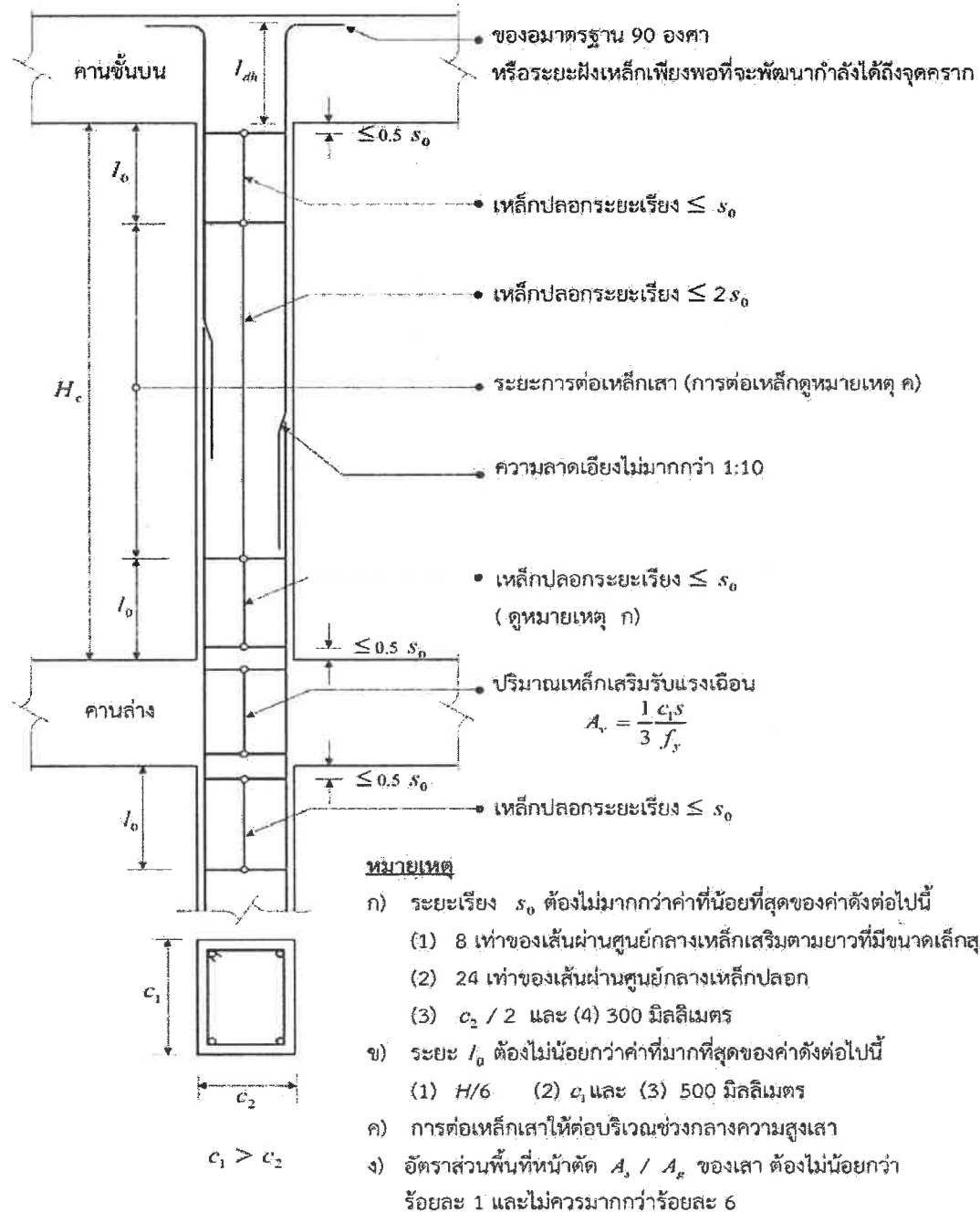
แรงเฉือน ณ ชั้นใด ๆ (V_x) จะกระจายไปยังองค์อาคารแนวดิ่งที่เป็นส่วนของโครงสร้างด้านแรงด้านข้างในชั้นที่พิจารณาตามสัดส่วนสถิติพเนสด้านข้างขององค์อาคารเหล่านั้น ในกรณีที่ไม่ใช่แบบเป็นแบบกึ่งแข็ง การกระจายแรงนี้จำเป็นต้องคำนึงถึงสถิติพเนสสัมพัทธ์ระหว่างไดอะแฟรมกับองค์อาคารแนวดิ่งซึ่งทำหน้าที่ด้านแรงด้านข้างด้วย

หมวด ๖

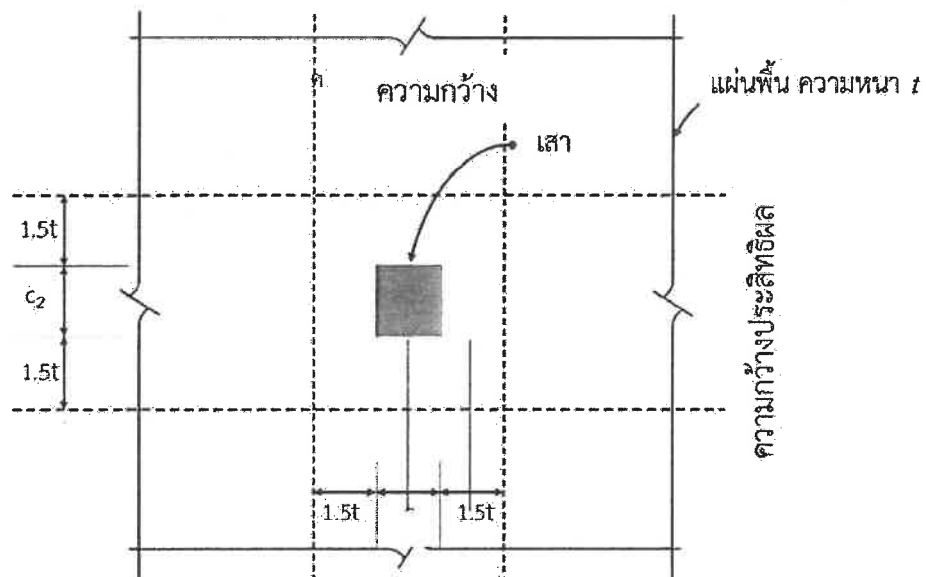
การจัดระบบและกำหนดรายละเอียดของโครงสร้างให้มีความเหนียว



(ข) รอยต่อของเหล็กเสริมแต่ละเส้นที่อยู่ข้างเคียง ต้องไม่อยู่ในแนวเดียวกัน และควรเหลื่อมกันประมาณหนึ่งเมตร หากไม่จำเป็นไม่ควรต่อเหล็กเสริม



รูปที่ ๒ รายละเอียดการเสริมเหล็กในเสา



(ก) ความกว้างประสิทธิภาพ
รูปที่ ๓ รายละเอียดการเสริมเหล็กในแผ่นพื้นสองทางแบบไร้คาน

2/11

(ข) การป้องกันการวิบัติอย่างต่อเนื่องสำหรับแผ่นพื้นไร้คาน จุดรองรับภายในจะต้องมีเหล็กเสริมล่างวางผ่านหรือฝังเข้าไปในแกนเสาในแต่ละทิศทางเป็นปริมาณไม่น้อยกว่า

$$A_{sm} = \frac{0.5w_u L_1 L_2}{0.9f_y} \quad (\text{สมการ ๒๑})$$

โดยที่ w_u คือ น้ำหนักบรรทุกทุกปรับค่ากระจายอย่างสม่ำเสมอ (นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร) แต่ทั้งนี้จะต้องไม่น้อยกว่าสองเท่าของน้ำหนักบรรทุกทุกคงที่ใช้งาน

L_1 คือ ความยาวช่วงเสาในทิศทางที่พิจารณาโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้น โดยวัดระหว่างศูนย์กลางเสา (มิลลิเมตร)

L_2 คือ ความยาวช่วงเสาในทิศทางที่ตั้งฉากกับ L_1 โดยวัดระหว่างศูนย์กลางเสา (มิลลิเมตร)

f_y คือ กำลังครากของเหล็กเสริม (เมกะปาสกาล)

สำหรับจุดรองรับที่ขอบและที่มุม เหล็กเสริมล่างที่จัดวางผ่านหรือฝังเข้าไปในแกนเสาจะต้องมีปริมาณไม่น้อยกว่าสองในสามและหนึ่งในสองของปริมาณที่กำหนดไว้ในสมการข้างต้นตามลำดับ โดยที่เหล็กเสริมดังกล่าวจะต้องวางผ่านหรือฝังเข้าไปในเสา ทั้งนี้เหล็กเสริมในข้อ (จ) สามารถนำมาใช้เป็นส่วนหนึ่งของพื้นที่หน้าตัดเหล็กเสริม A_{sm} ได้

ข้อ ๒๗ การก่อสร้างอาคารที่ไม่ใช่โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อในที่ ซึ่งตั้งอยู่ในบริเวณที่ ๑ หรือในบริเวณที่ ๒ กับบริเวณที่ ๓ ที่มีการออกแบบด้านทานแผ่นดินไหว ประเภท ก ตามข้อ ๗ อย่างน้อยผู้ออกแบบต้องออกแบบรายละเอียดของโครงสร้างในแนวตั้งตามข้อกำหนดของโครงสร้างในแนวตั้งของระบบโครงสร้างนั้นที่มีความเหนียวปานกลาง ตามที่กำหนดในมาตรฐานอื่นที่ได้รับการยอมรับทั่วไปและกรมโยธาธิการและผังเมืองเห็นชอบ กรณีที่ยังไม่มีมาตรฐานในเรื่องดังกล่าวที่กรมโยธาธิการและผังเมืองเห็นชอบ การออกแบบรายละเอียดโครงสร้างให้มีความเหนียวตามข้อนี้ให้กระทำโดยนิติบุคคลซึ่งได้รับใบอนุญาตประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุมหรือได้รับการรับรองโดยนิติบุคคลซึ่งได้รับใบอนุญาตประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม โดยนิติบุคคลนั้นต้องมีวิศวกรระดับวุฒิวิศวกร สาขาวิศวกรรมโยธา ตามกฎหมายว่าด้วยวิศวกร เป็นผู้ให้คำแนะนำปรึกษาและลงลายมือชื่อรับรองการออกแบบนั้น

ข้อ ๒๘ การก่อสร้างอาคารที่ตั้งอยู่ในบริเวณที่ ๒ หรือบริเวณที่ ๓ ที่มีการออกแบบด้านทานแผ่นดินไหว ประเภท ข ประเภท ค และประเภท ง ตามข้อ ๗ ต้องมีการจัดระบบและกำหนดรายละเอียดของโครงสร้างให้มีความเหนียวตามมาตรฐานอื่นที่ได้รับการยอมรับทั่วไปและกรมโยธาธิการและผังเมืองเห็นชอบ กรณีที่ยังไม่มีมาตรฐานในเรื่องดังกล่าวที่กรมโยธาธิการและผังเมืองเห็นชอบ การออกแบบรายละเอียดโครงสร้างให้มีความเหนียวตามข้อนี้ให้กระทำโดยนิติบุคคลซึ่งได้รับ

