ระดับความรุนแรงของแผ่นดินไหวในรูปแบบของความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมทั่วประเทศไทย

รศ. ดร. ธีรพันธ์ อรธรรมรัตน์

ภาควิชาวิศวกรรมโยธาและสิ่งแวดล้อม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยมหิดล

โครงการพัฒนาหลักสูตรการเรียนรู้เรื่องการออกแบบอาคารต้านทานแผ่นดินไหว

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยและนวัตกรรมจากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) พ.ศ. 2568

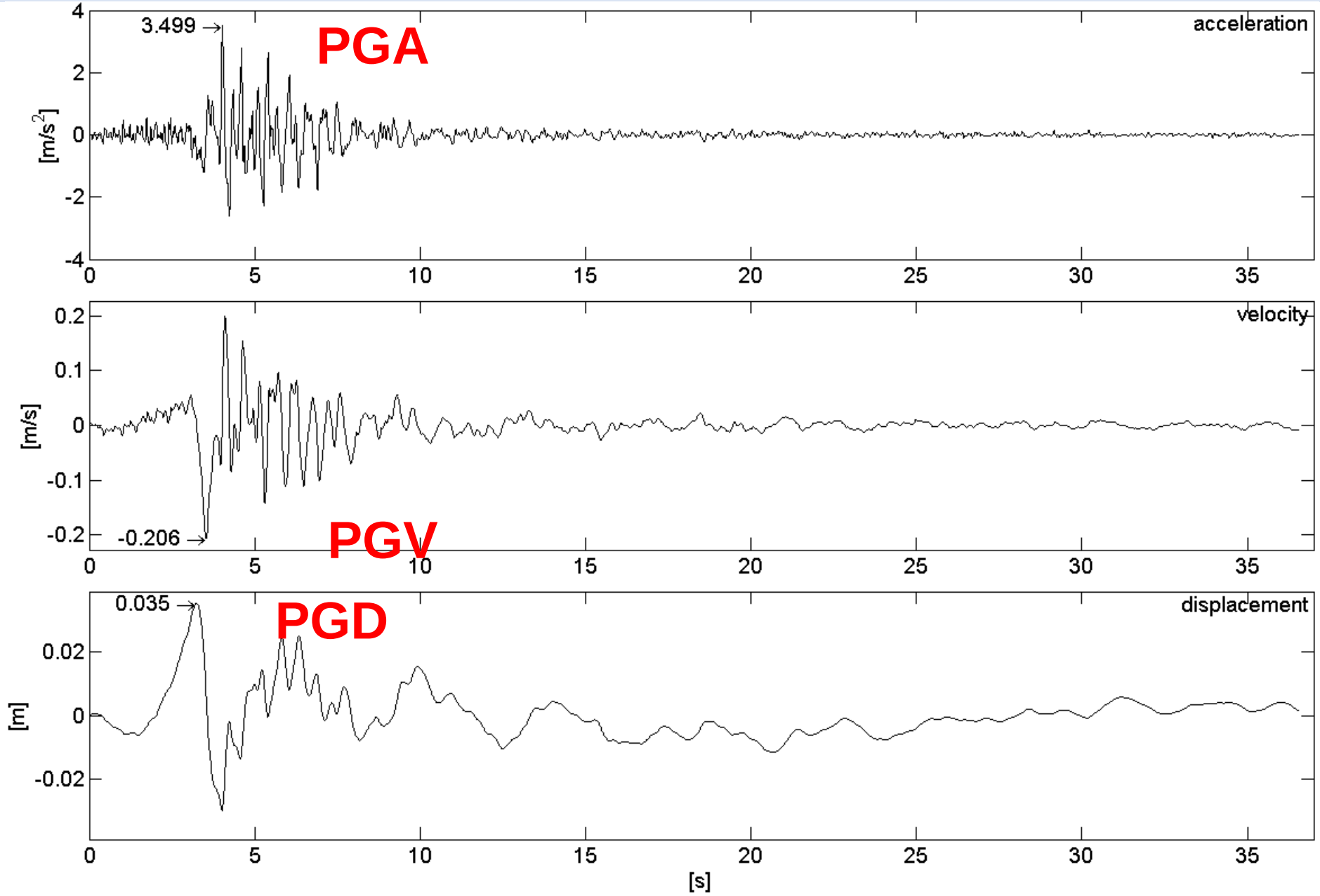
หัวข้อบรรยาย

1. หลักการออกแบบอาคารต้านทานแรงแผ่นดินไหว
2. โมเดลความเสี่ยงแผ่นดินไหวของประเทศไทย
3. การคำนวนสเปกตรัมสำหรับแรงสถิตเทียบเท่า
4. การคำนวนสเปกตรัมสำหรับการตอบสนองแบบโหมด
5. ตัวอย่างความเสียหายในประเทศไทยจากแผ่นดินไหว
6. การเลือกพื้นที่ในการออกแบบตาม มยผ 1301/1302-61

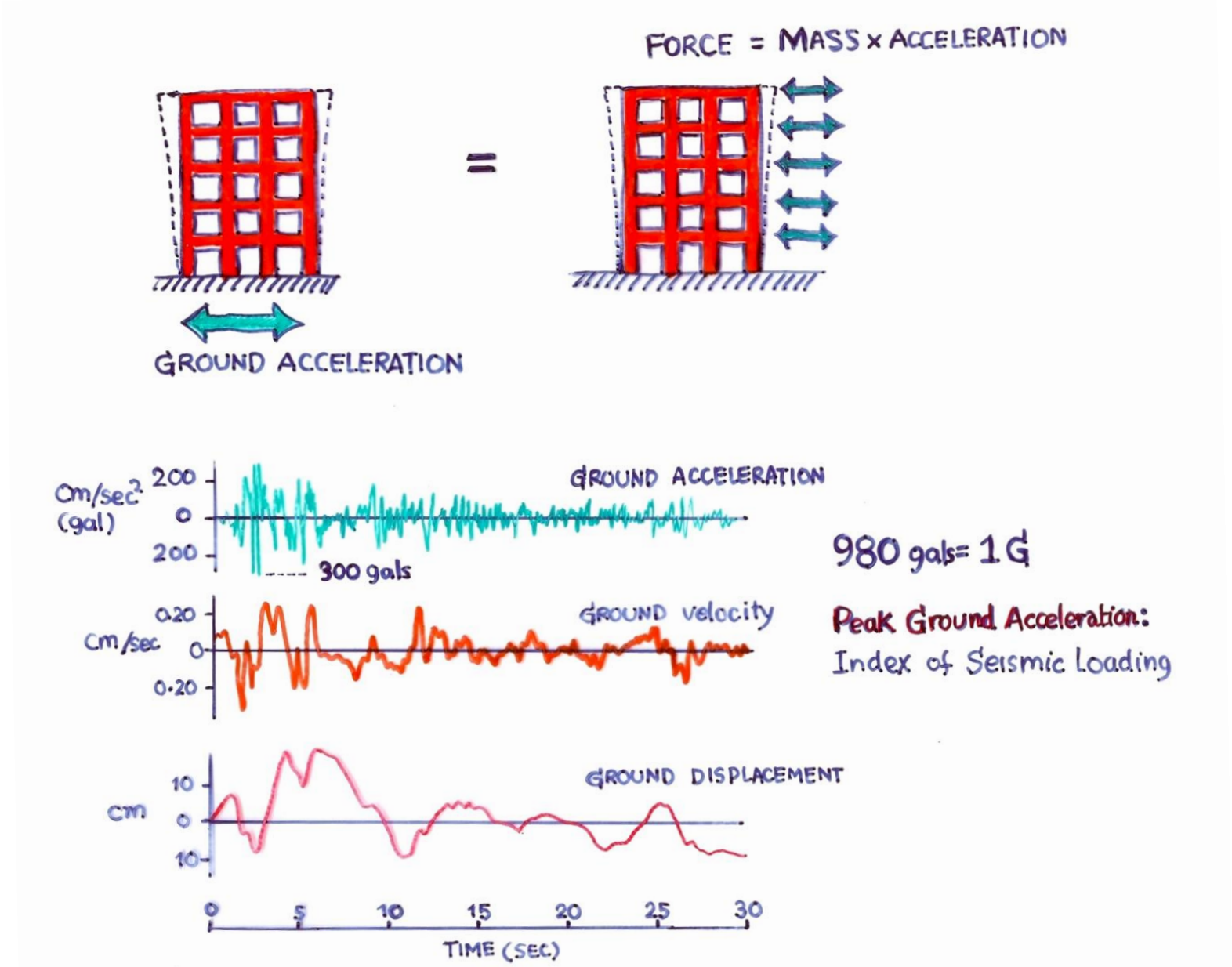
Engineering Ground Motion Parameters

- ข้อมูลคลื่นแผ่นดินไหวที่จำเป็นต่องานวิศวกรรม :
    - ขนาดของคลื่น (Amplitude)
    - ความถี่ของคลื่น (Frequency)
    - ระยะเวลาในการสั่น (Duration)
    - พลังงานของคลื่น (Energy)
- ค่าต่างๆที่สามารถอธิบายคลื่นแผ่นดินไหวดังที่กล่าวมา เช่น :
    - Peak ground acceleration (PGA)
    - Peak ground velocity (PGV)
    - Response spectral acceleration (SA)
    - Arias intensity (AI)
    - Duration of strong shaking

Peak ground acceleration, velocity and displacement

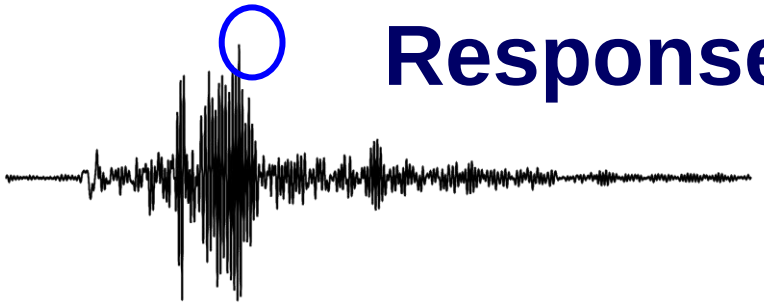


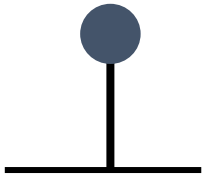
Why ground acceleration ?



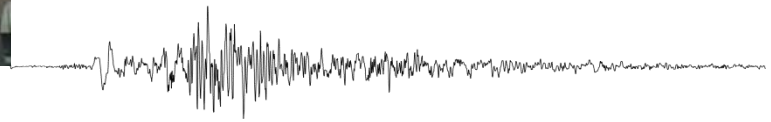
Response Spectrum





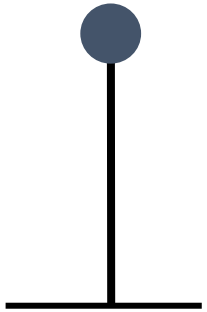


Period = 0.2 s

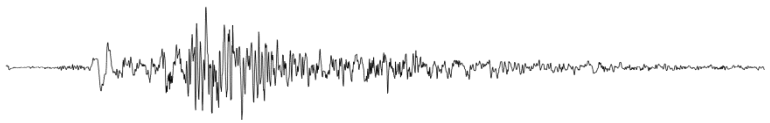








0.5 s



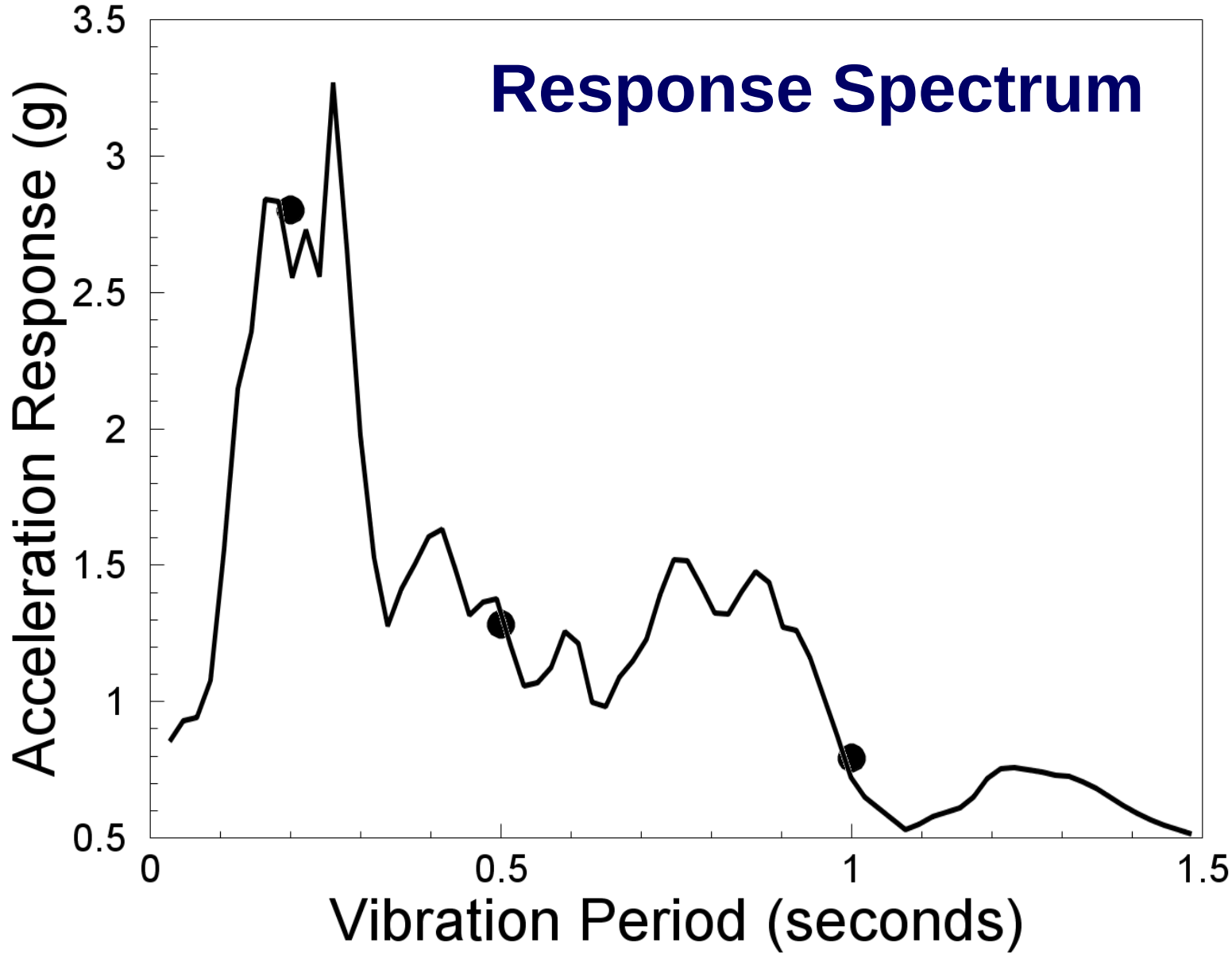




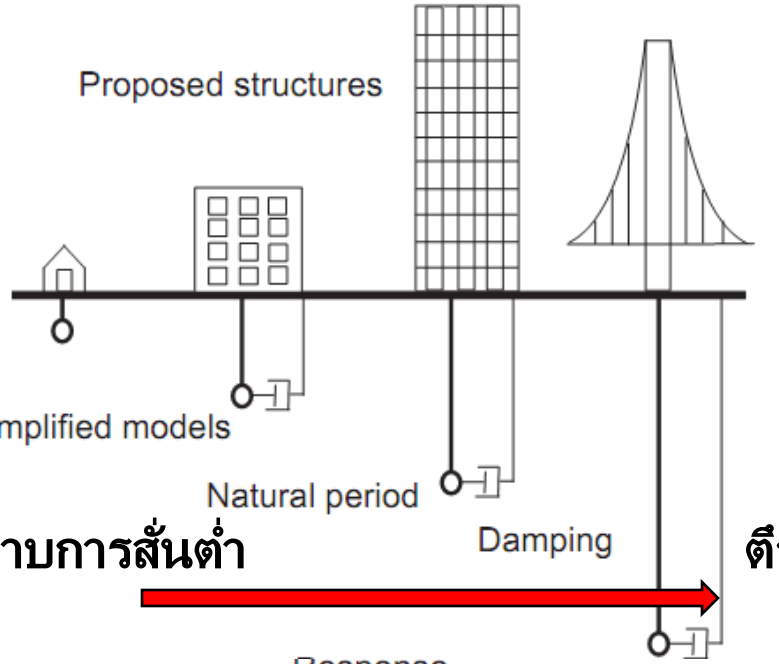


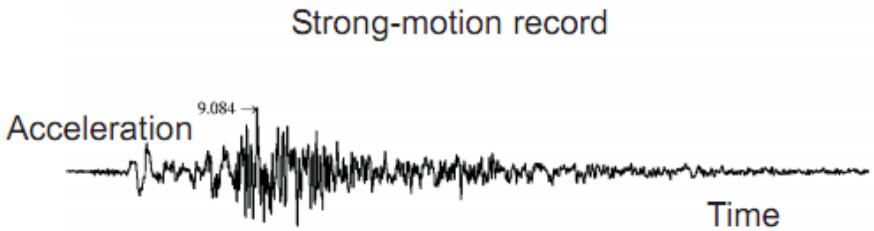
1.0 s




Response Spectrum
Acceleration Response (g)
3.5
3
2.5
2
1.5
1
0.5
0
0.5
1
1.5
Vibration Period (seconds)

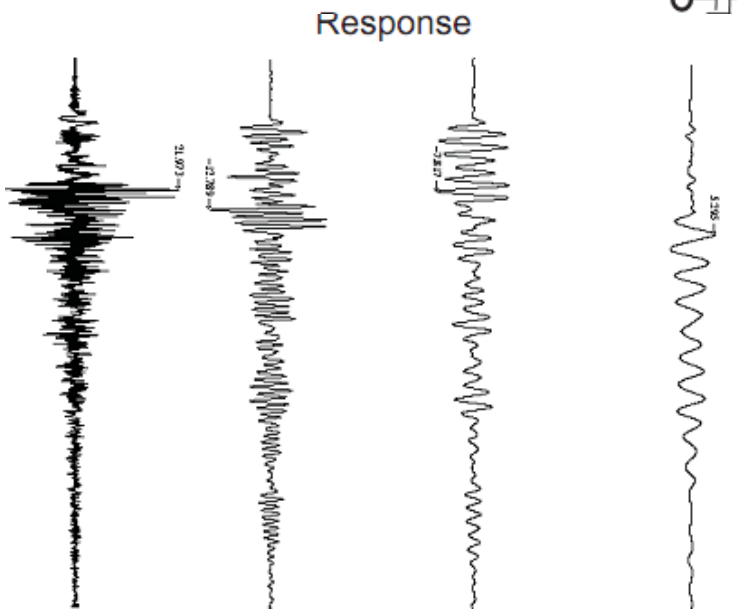
Structural response induced by strong motion

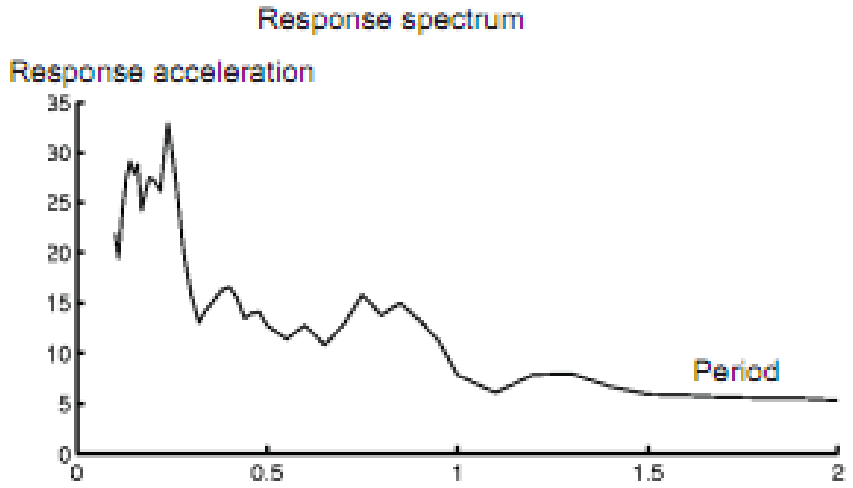




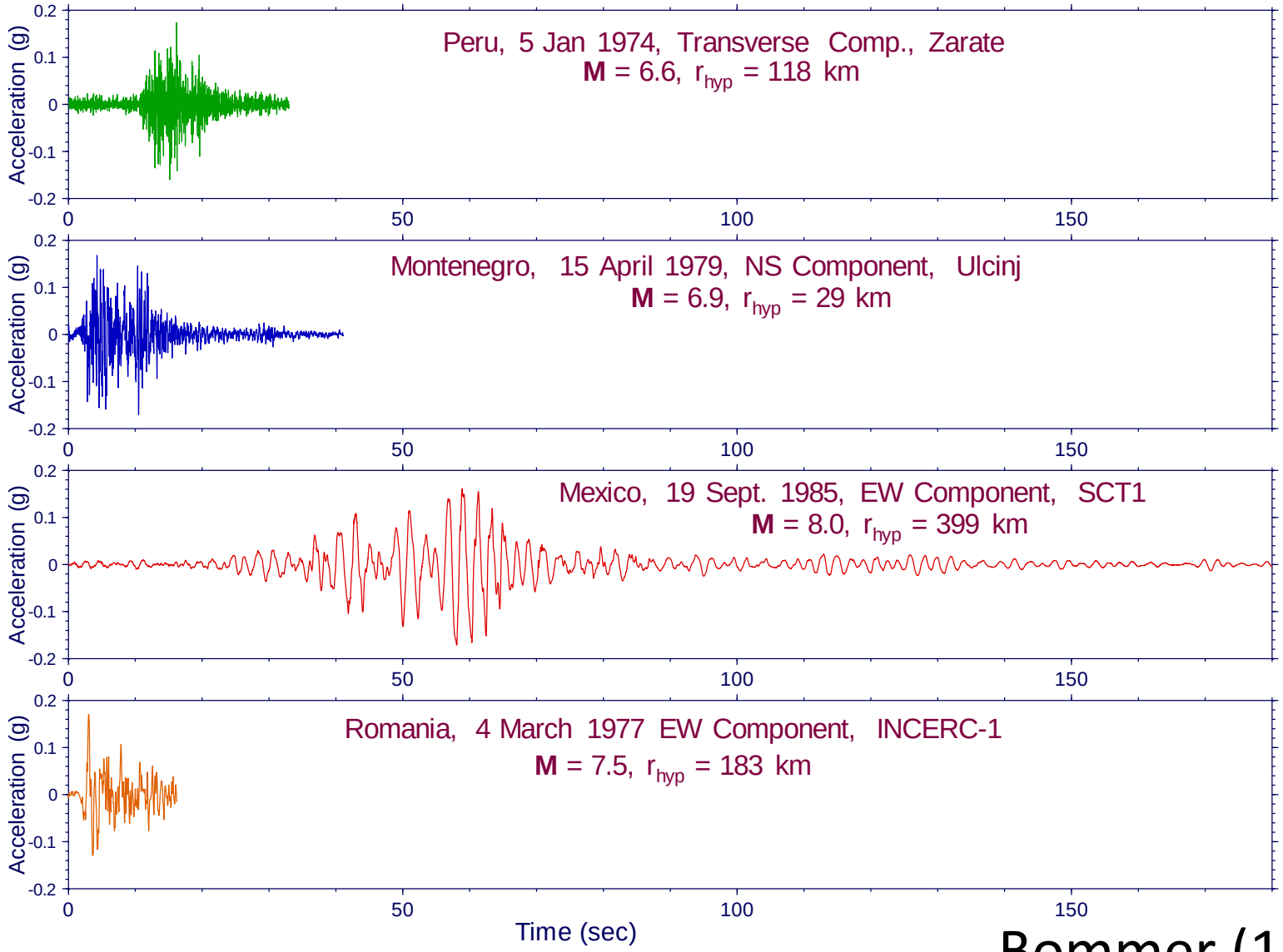
ตึกเตี้ย คาบการสั่นต่ำ

ตึกสูง คาบการสั่นสูง



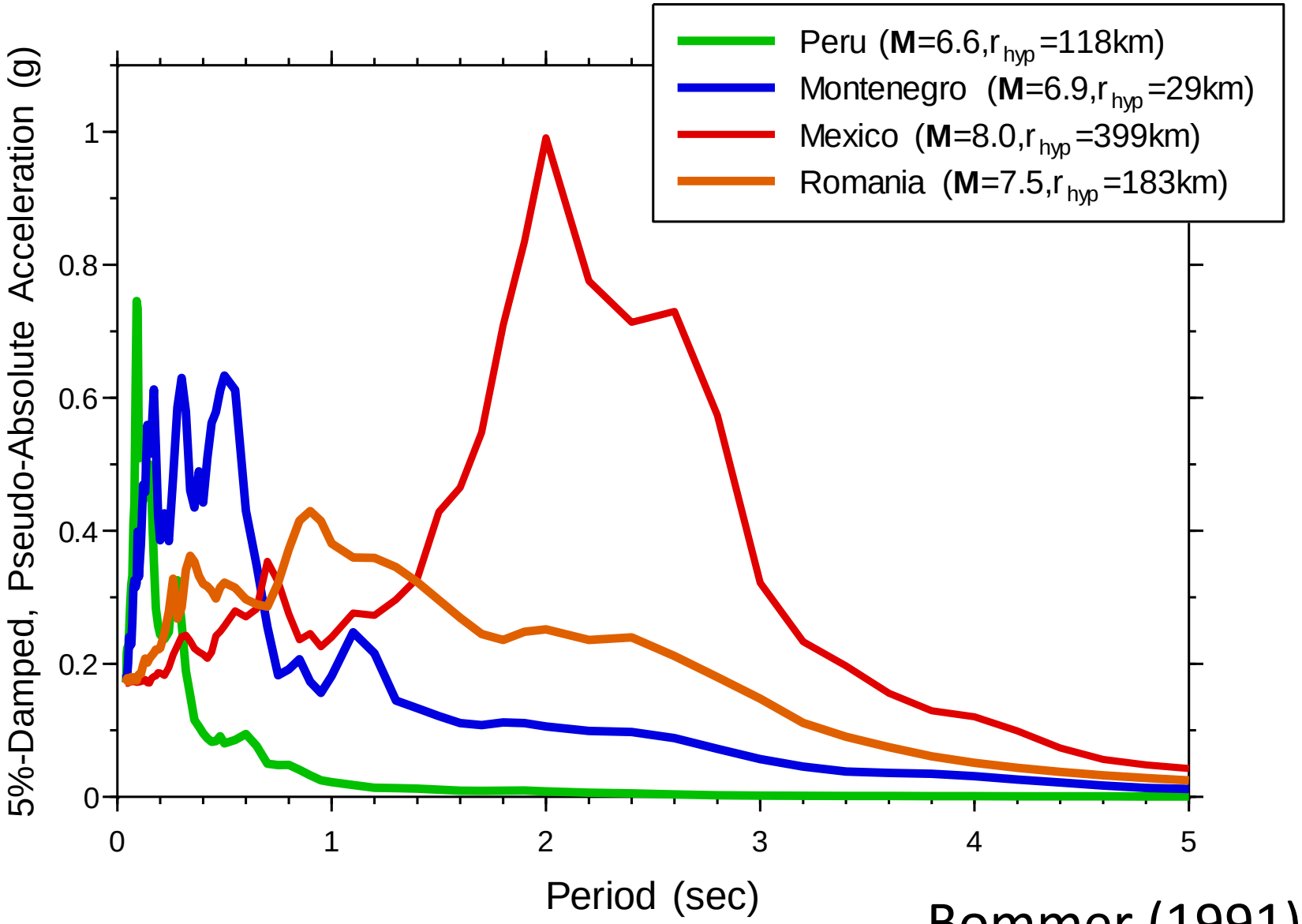


Inadequacy of PGA to fully characterize motions



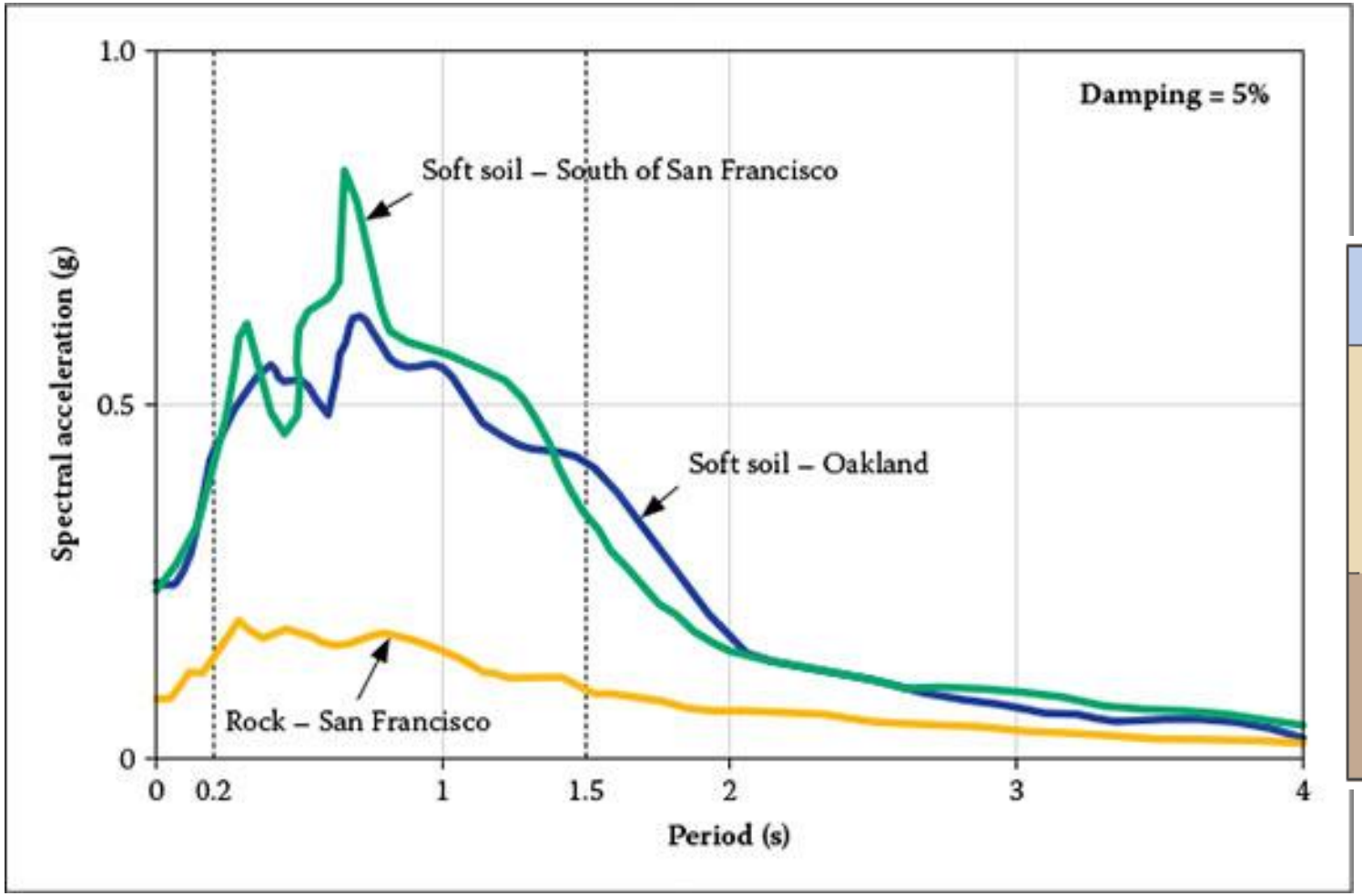
Bommer (1991)

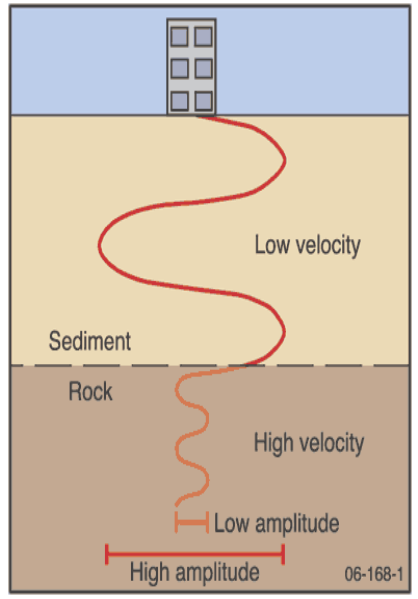
ความแตกต่างกันของ Response spectrum ที่ PGA เท่ากัน



Bommer (1991)

ดินอ่อนทำให้เกิดการสั่นที่รุนแรงกว่าดินแข็ง



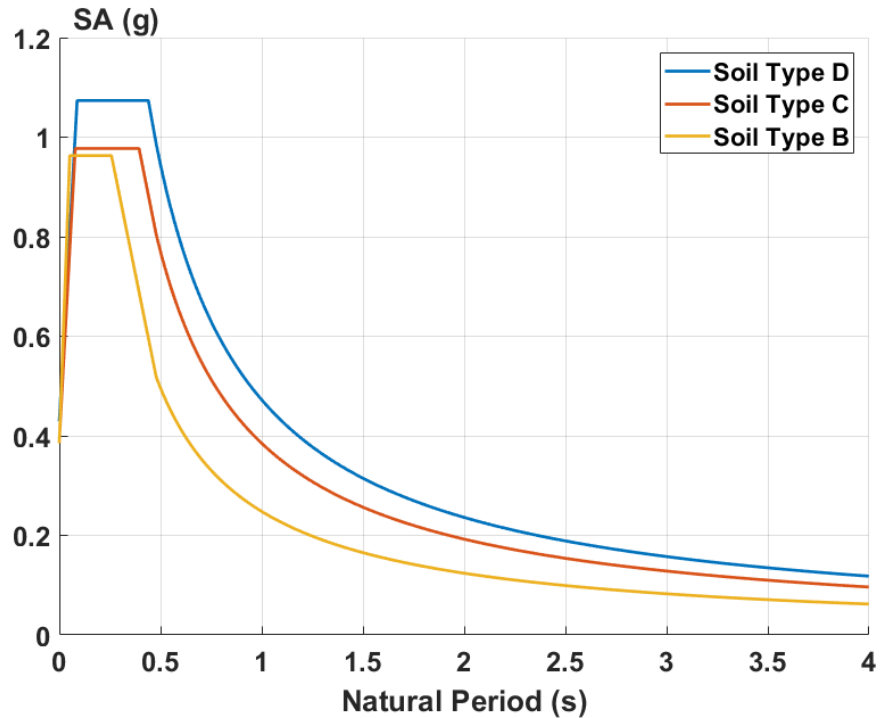


Comparison of rock – soil site spectra during the 1998-Loma-Prieta earthquake

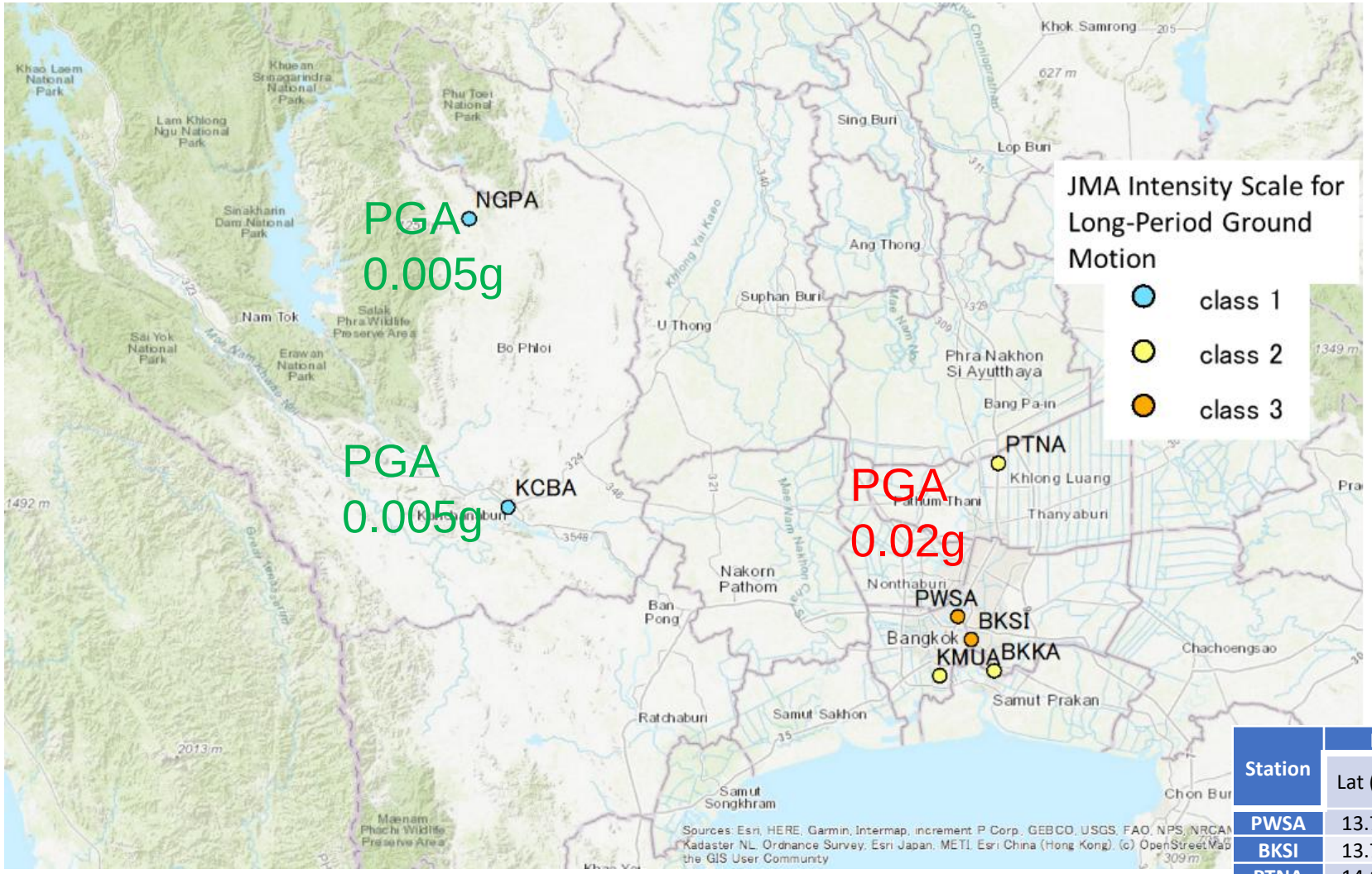
การจำแนกประเภทชั้นดิน ตาม มยผ 1301/1302-61

ตารางที่ ก-1 การจำแนกประเภทชั้นดิน

Soil Description	ประเภทชั้นดิน	$\overline{v}_s$	$\overline{N}$ หรือ $\overline{N}_{ch}$	$\overline{s}_u$
Hard Rock	A	>1500 เมตร/วินาที	-	-
Rock	B	750 - 1500 เมตร/วินาที	-	-
Dense Soil	C	360 – 750 เมตร/วินาที	>50	> 100 กิโลปาสกาล
Stiff Soil	D	180 – 360 เมตร/วินาที	15 –	
Soft Clay	E	< 180 เมตร/วินาที	< 1	
		มีชั้นดินที่มีความหนามากกว่า 3 เมตร ที่มีคุณสมบัติดั Plasticity Index (PI) > 20 Moisture Content (w) > 40% $\overline{s}_u$ < 25 กิโลปาสกาล		
Special Soils	F	เกณฑ์ตามที่กำหนดในหัวข้อ ก.3.1		

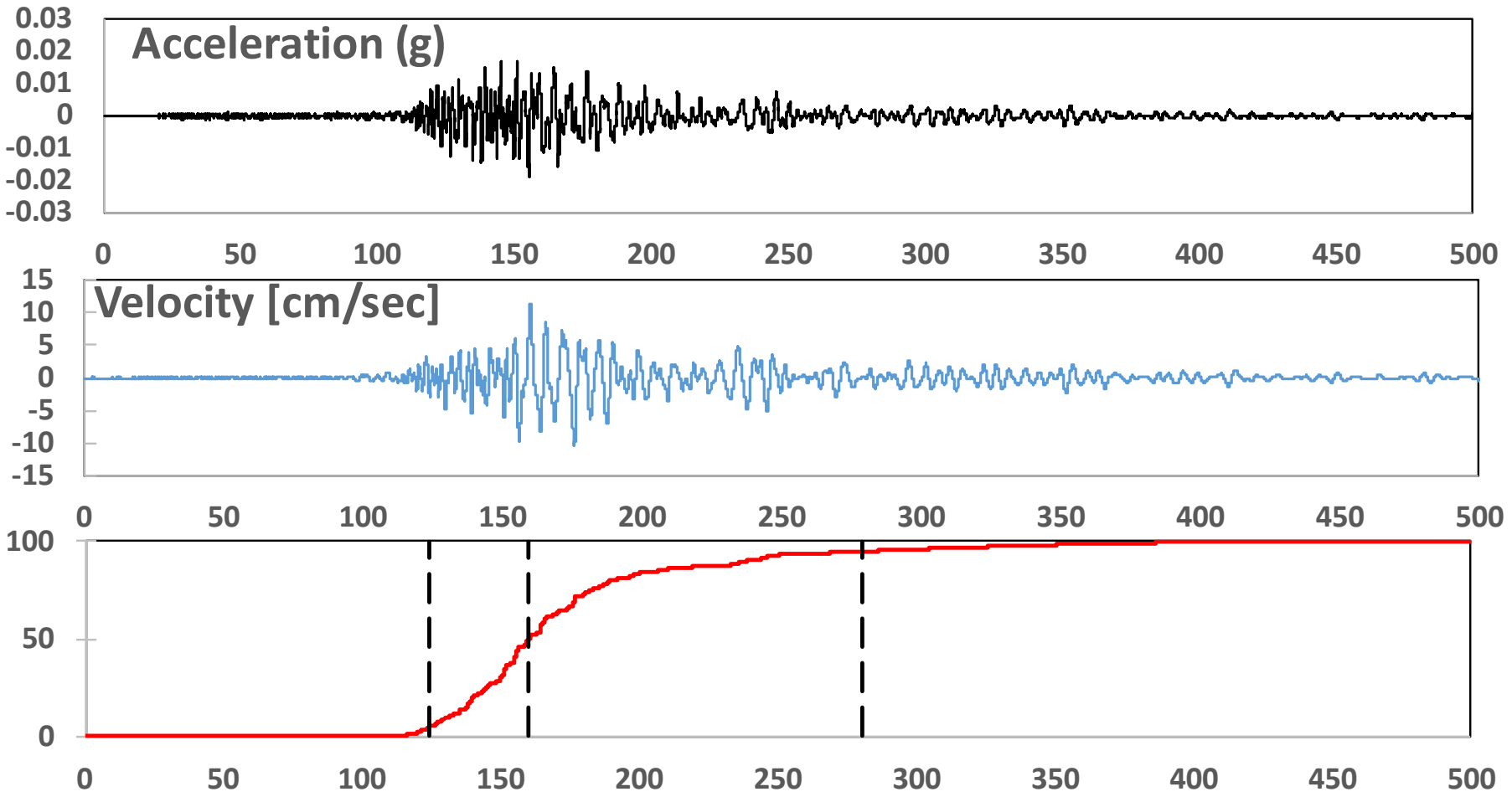


ตัวอย่างการขยายคลื่นในแอ่งและนอกแอ่งกรุงเทพมหานครจากแผ่นดินไหวพม่า Mw 7.7 28 มีนาคม 2568



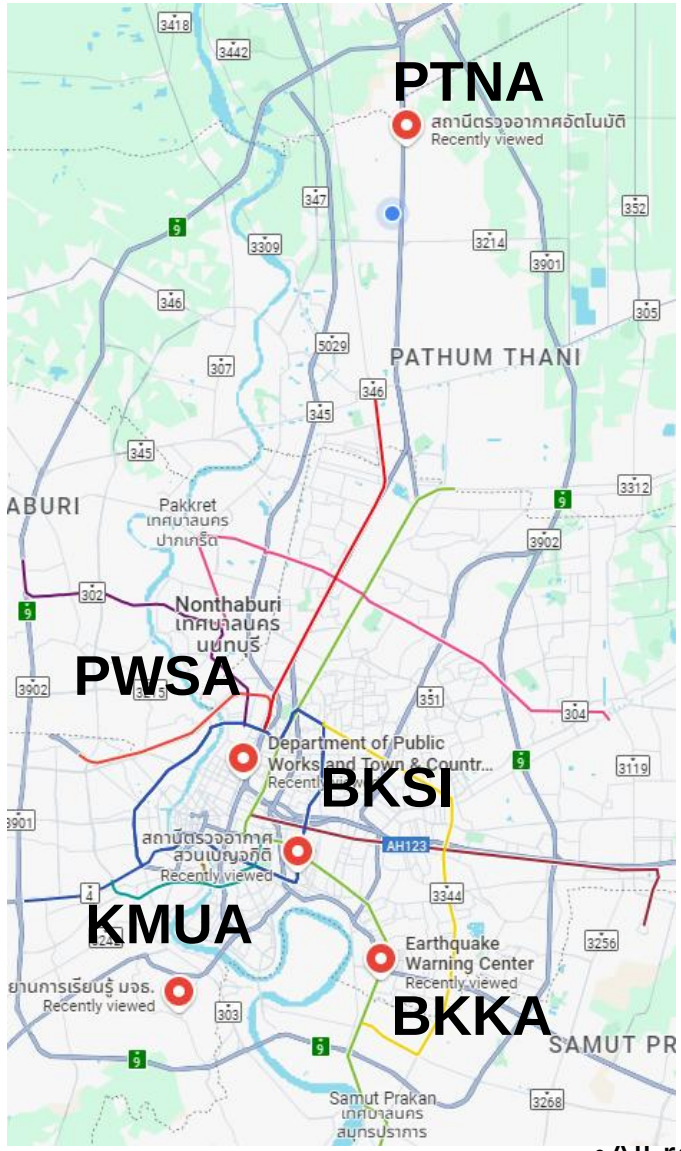
Station	Location		Rjb (km)	IMs					
	Lat (N)	Long (E)		PGA (g)		PGV (cm/s)		D5-95 (s)	
				NS	EW	NS	EW	NS	EW
PWSA	13.78	100.53	667	0.019	0.023	11	14	156	133
BKSI	13.73	100.56	673	0.019	0.016	13	10	146	130
PTNA	14.12	100.62	647	0.016	0.019	6	6	113	113
KMUA	13.65	100.49	675	0.022	0.022	13	8	126	149
BKKA	13.66	100.61	678	0.016	0.021	9	8	154	159
KCBA	14.02	99.53	574	0.005	0.006	1.8	2.5	81	98
NGPA	14.66	99.45	515	0.004	0.005	1.4	2.5	112	82

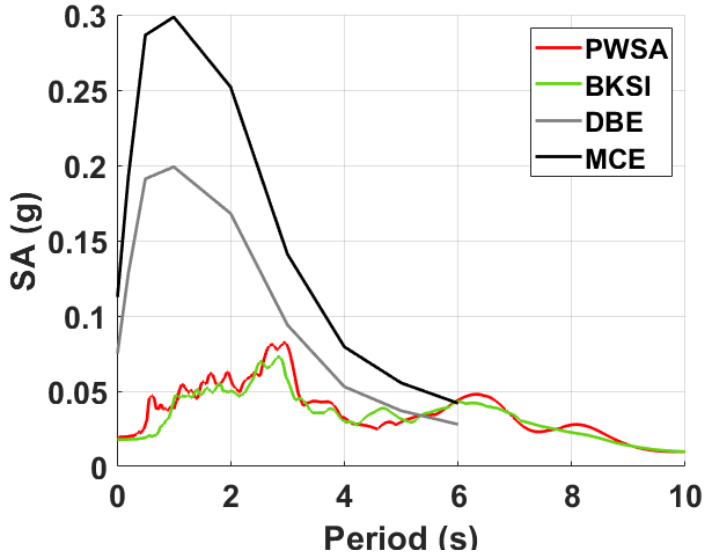
คลื่นแผ่นดินไหวใน กทม เมื่อวันที่ 28 มีนาคม 2568 คลื่นมีการขยายคลื่น
ที่ **Long Period** และ มีระยะเวลาการสั่นประมาณ 3 นาที

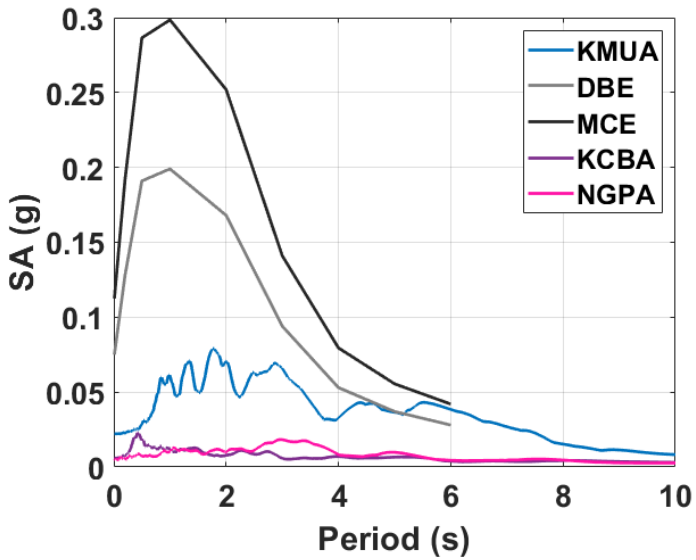


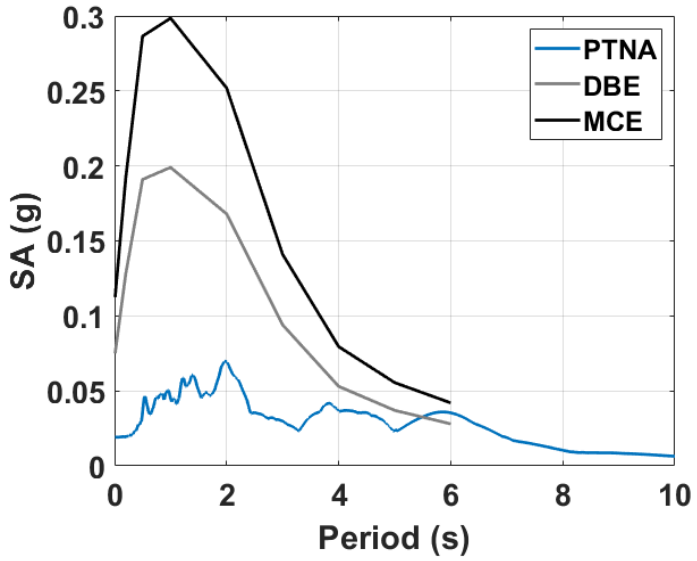
คลื่นที่มีระยะเวลาการสั่นมากกว่า 3 นาทีมักไม่มีให้ค้นหาได้จากที่อื่น เช่น **PEER Database**
เนื่องจากแผ่นดินไหวที่มีผลกระทบต่อ กทม เป็นแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ ระยะไกล แตกต่างจาก **California**

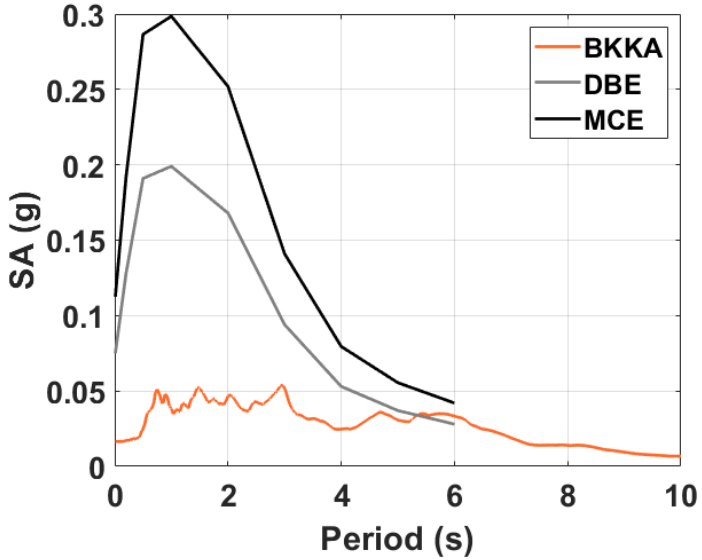
Comparison between observed & design 5% damping spectrum





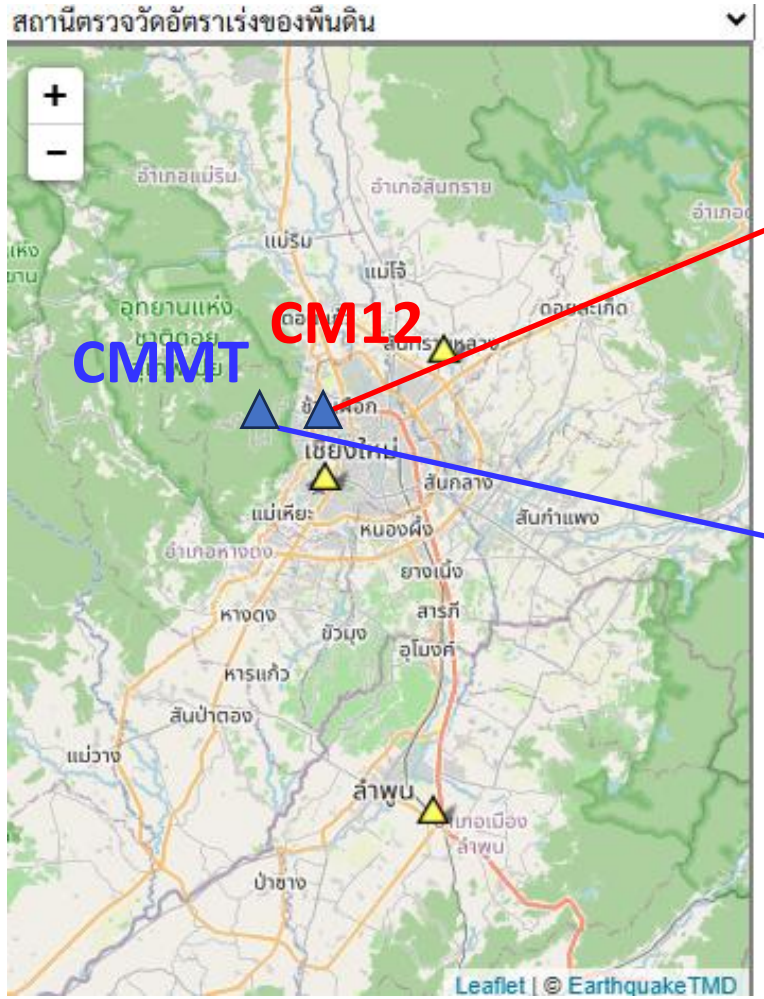


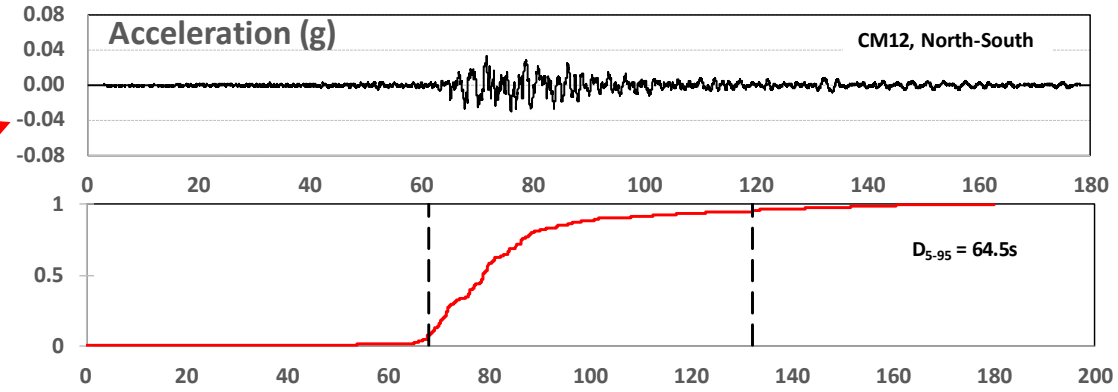


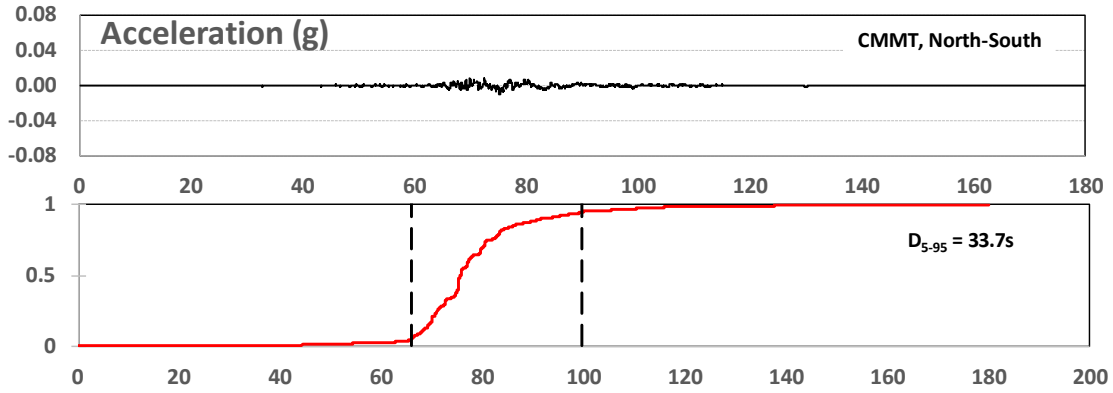


- All recorded station has PGA about 0.02g
- Different stations observed different amplification (PWSA at 3s while PTNA at 2s)

การเปรียบเทียบสถานีเชียงใหม่บนชั้นดินอ่อนและชั้นหินแข็ง จากแผ่นดินไหวพม่า 28 มีนาคม 2568

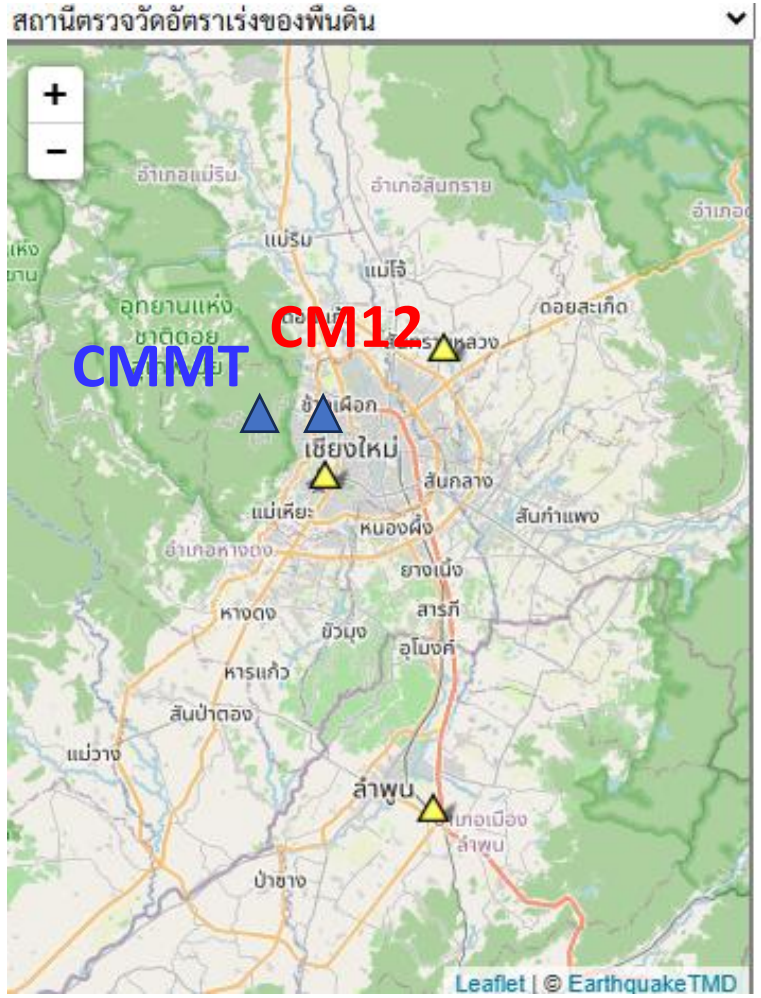


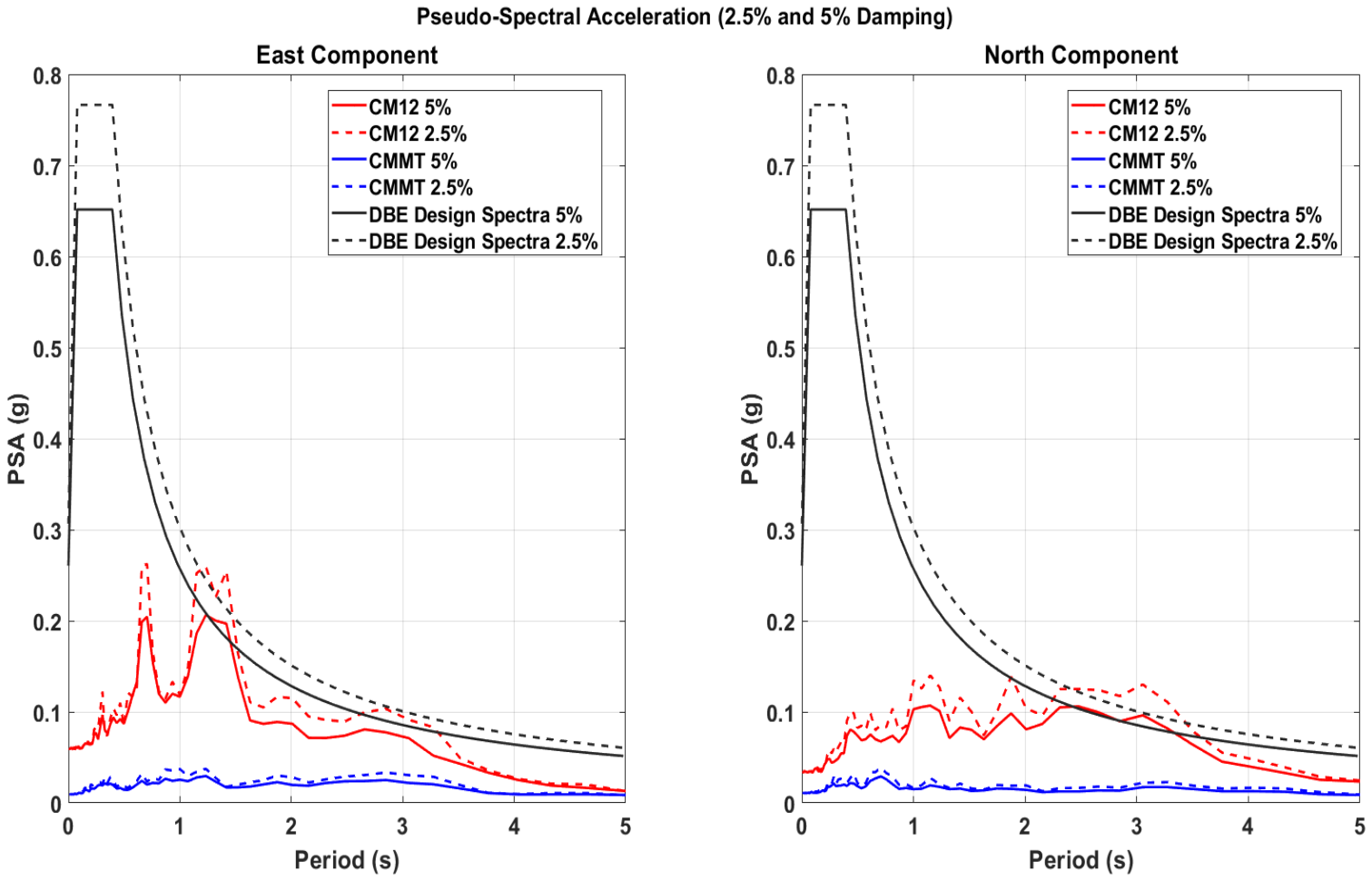




คลื่นที่วัดได้ในแอ่งเชียงใหม่ มีขนาด **PGA** สูงกว่าดอยสุเทพประมาณ 5 เท่า และระยะเวลาในการสั่นที่วัดได้ในแอ่งยาวกว่าประมาณ 2 เท่า

การเปรียบเทียบสถานีเชียงใหม่บนชั้นดินอ่อนและชั้นหินแข็ง จากแผ่นดินไหวพม่า 28 มีนาคม 2568

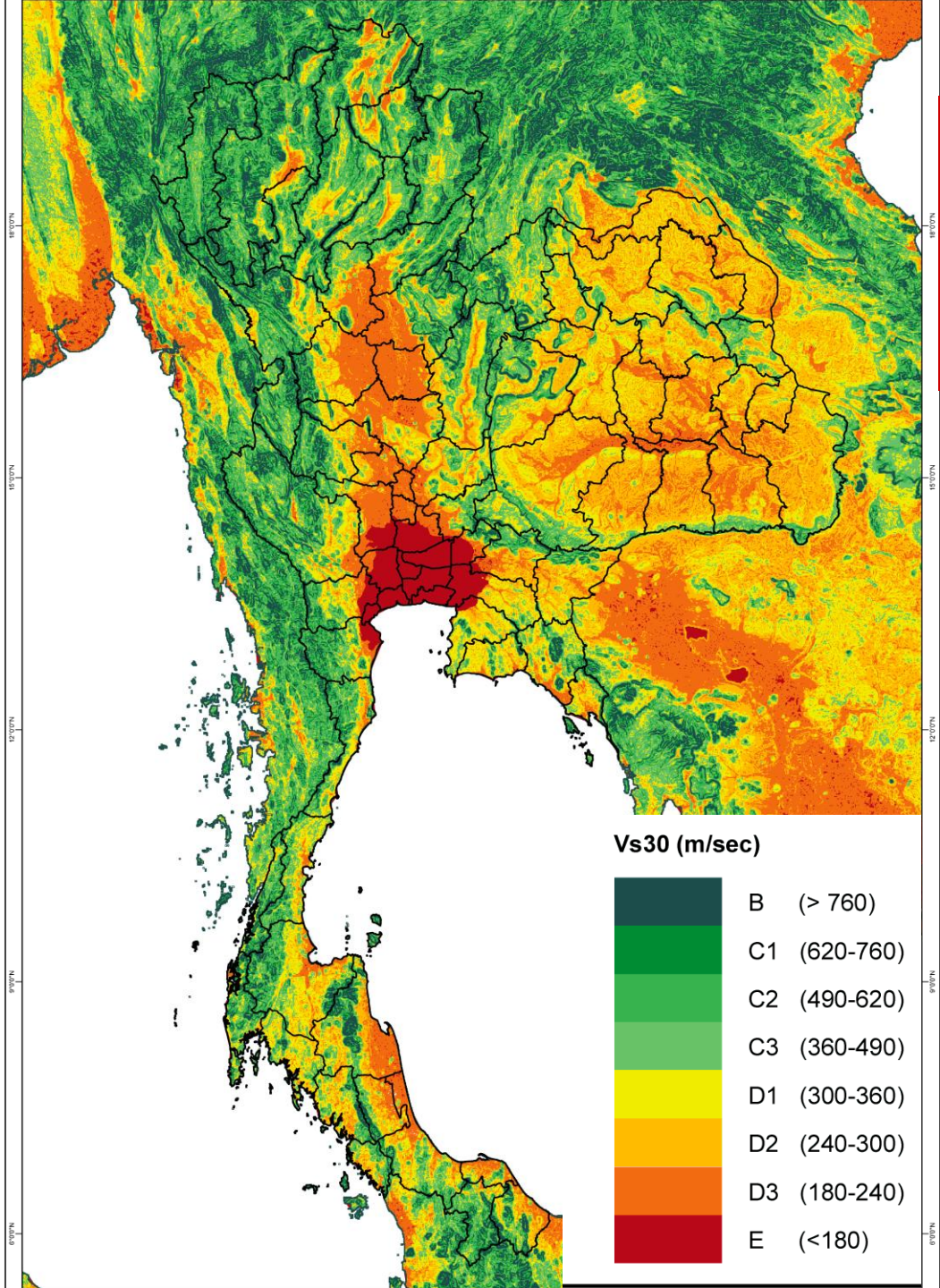




- คลื่นที่วัดได้ในแอ่งเชียงใหม่ มีขนาด **SA** สูงกว่าดอยสุเทพประมาณ **5-10** เท่า
- มีการ **amplification** ที่คาบการสั่น 2 – 3 วินาที

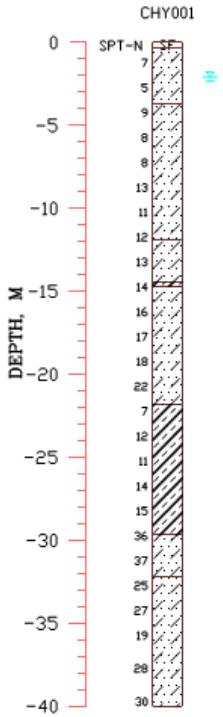
Map showing Soil (Site) Conditions in Thailand

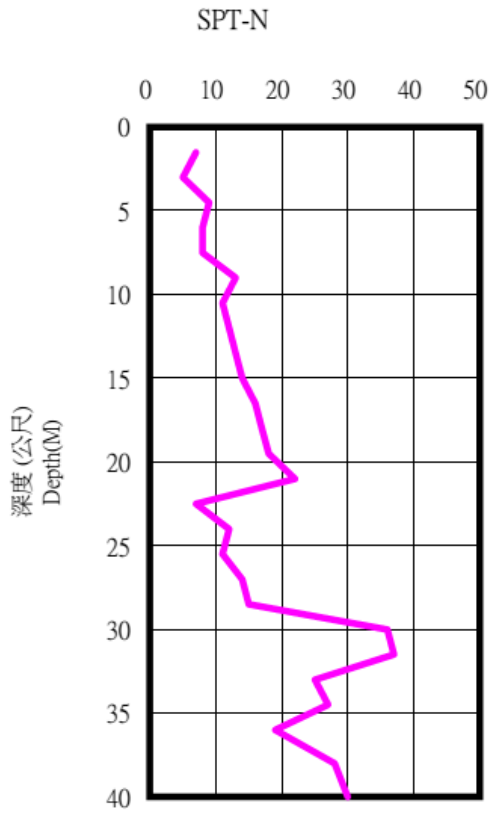
(derived from digital elevation data—SRTM30 and boreholes data)

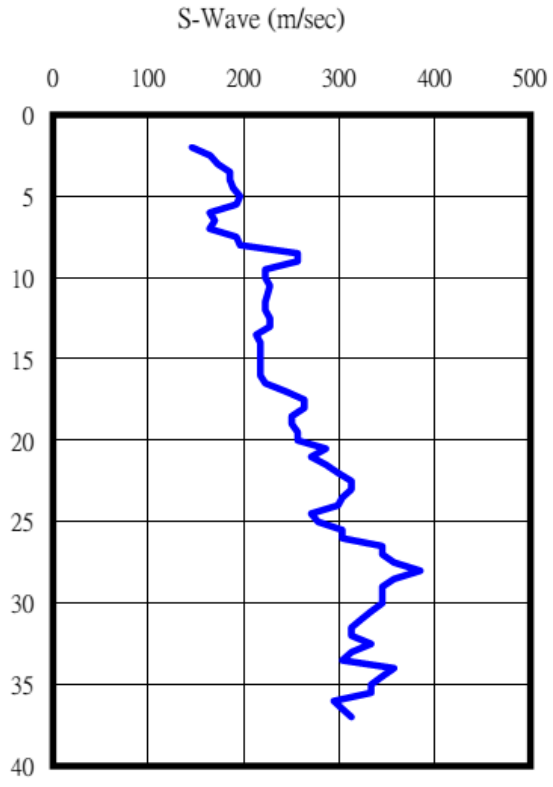


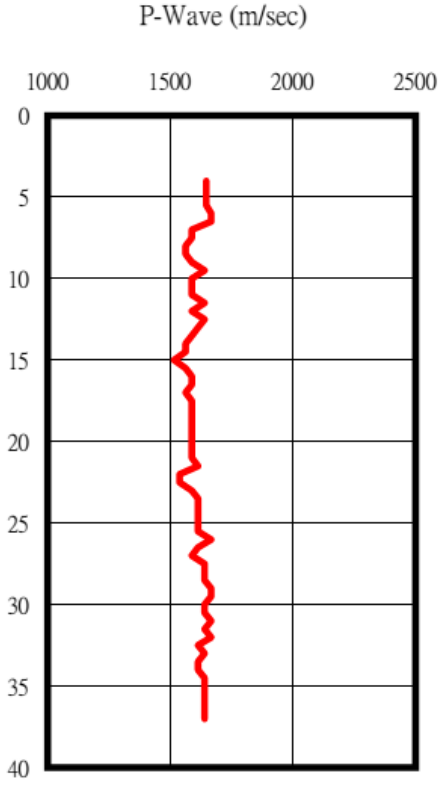
- **Rock** (No Amplification)
- **Very Stiff Soil**
- **Stiff Soil** (Moderate Amplification)
- **Moderately Soft Soil**
- **Very Soft Soil** (High Amplification)

ตัวอย่างการประเมินชั้นดินโดยใช้ข้อมูล Borehole







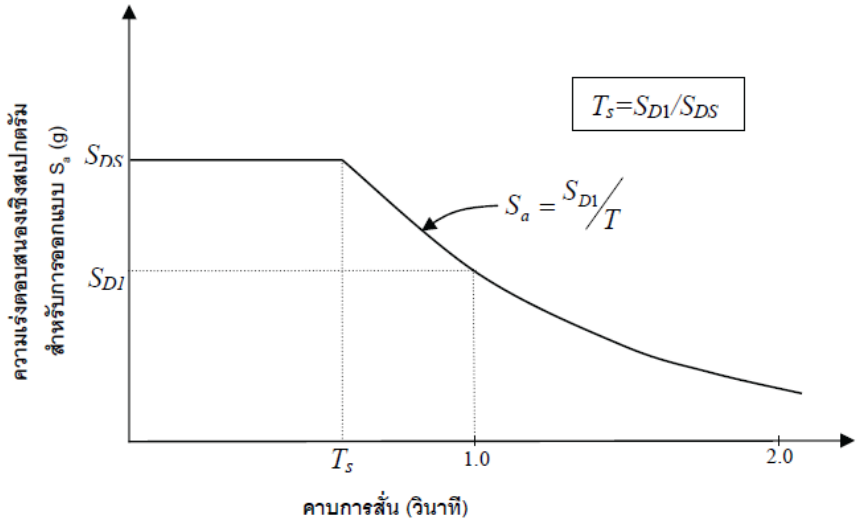


$$\bar{v}_s = \frac{\sum_{i=1}^{n} d_i}{\sum_{i=1}^{n} \frac{d_i}{v_{si}}}$$

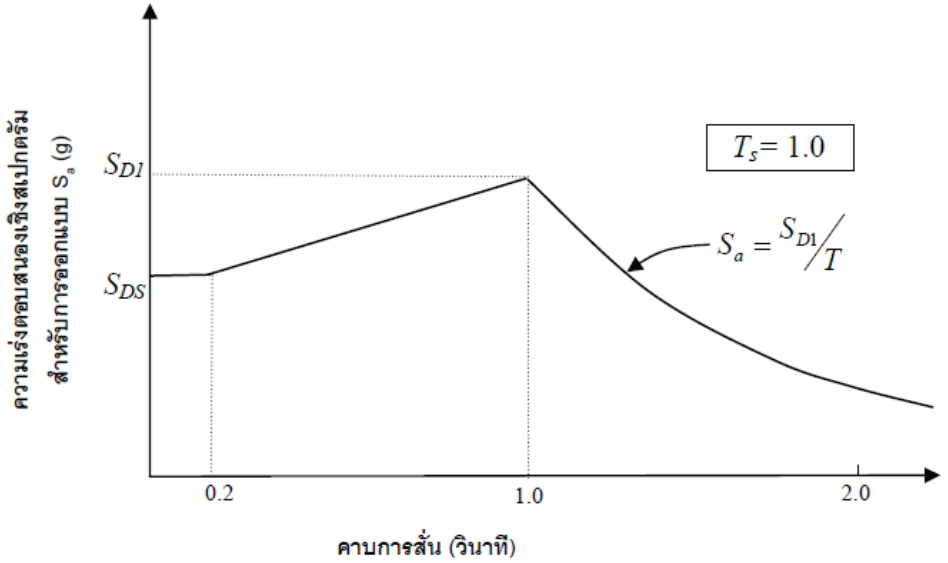
Layer	N_{SPT}	d_i	Σ
1	9	5	0.56
2	13	5	0.38
3	16	5	0.31
4	19	5	0.26
5	19	5	0.26
6	19	5	0.26
			15

Layer	V_{S30}	d_i	Σ
1	150	5	0.03
2	200	5	0.03
3	210	5	0.02
4	250	5	0.02
5	280	5	0.02
6	330	5	0.02
			222

สเปกตรัมผลตอบสนองสำหรับการออกแบบด้วยวิธีแรงสถิตเทียบเท่า (Equivalent static) สำหรับพื้นที่ทั่วประเทศไทย (ยกเว้นแอ่งกรุงเทพ)

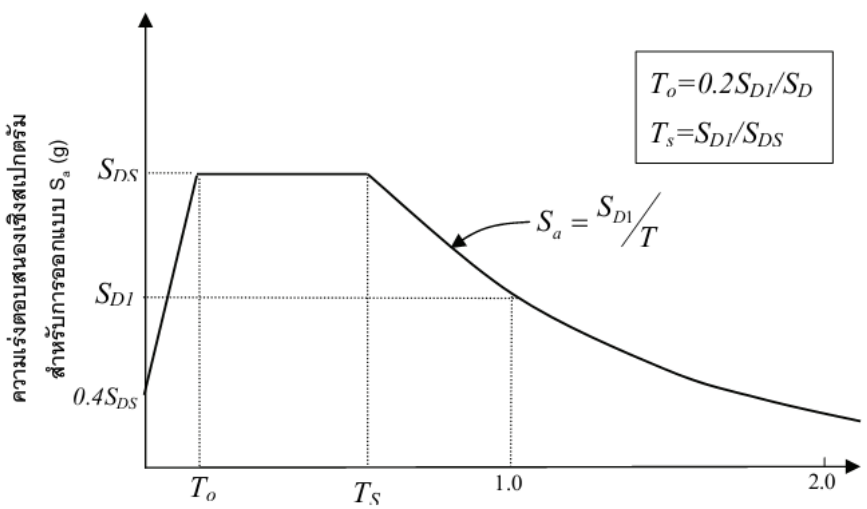


ที่มีค่า $S_{D1} < S_{DS}$

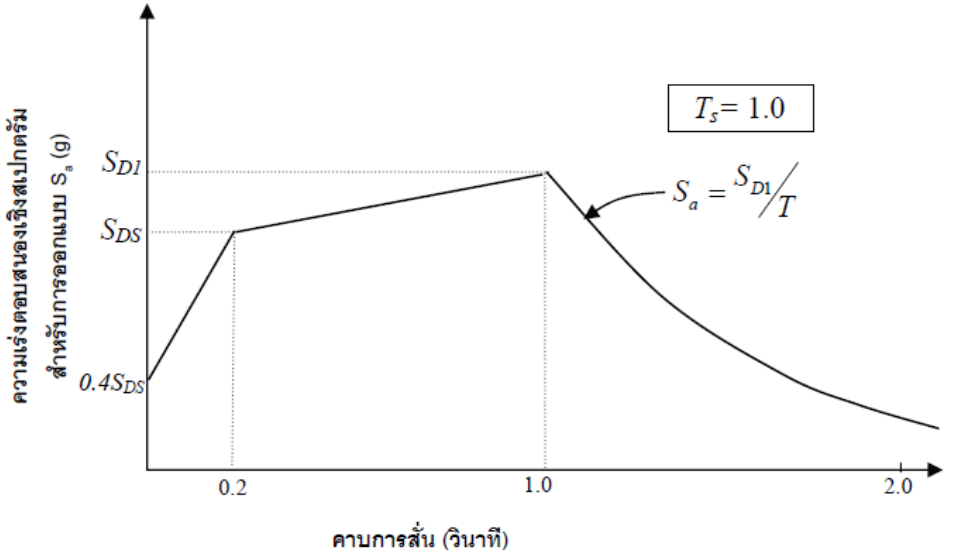


ที่มีค่า $S_{D1} > S_{DS}$

สเปกตรัมผลตอบสนองสำหรับการออกแบบด้วยวิธีเชิงพลศาสตร์ (Dynamic)
สำหรับพื้นที่ทั่วประเทศไทย (ยกเว้นแอ่งกรุงเทพ)



ที่มีค่า $S_{D1} < S_{DS}$



ที่มีค่า $S_{D1} > S_{DS}$

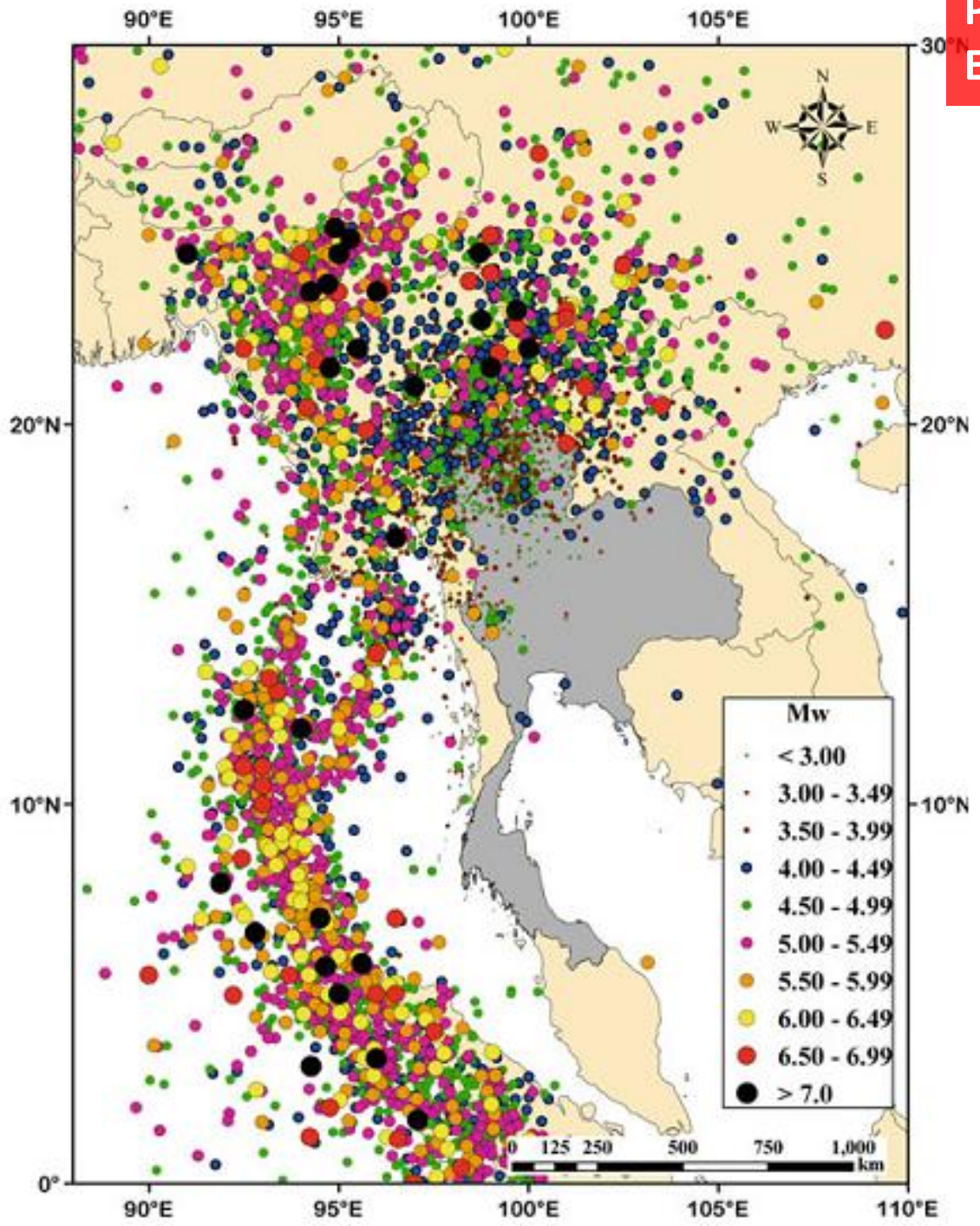
ตารางที่ 1.4-1 ค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมที่คาบสั้น 0.2 วินาที (S_S) และ ที่คาบ 1 วินาที (S_1) ของแผ่นดินไหวรุนแรงสูงสุดที่พิจารณา

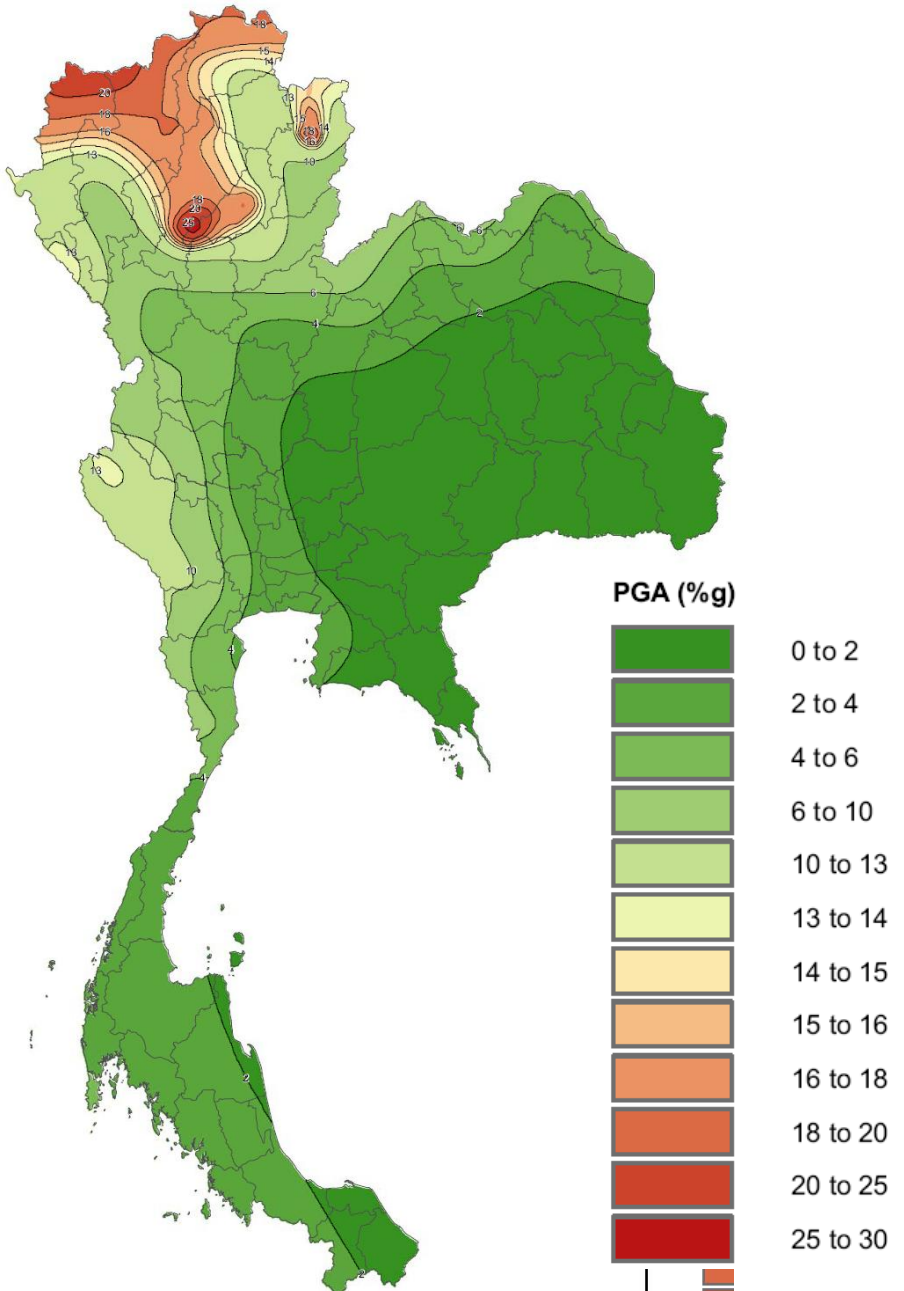
จังหวัด	อำเภอ	ค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัม	
		S_S	S_1
กระบี่	เกาะลันตา	0.143	0.089
	เขาพนม	0.227	0.108
	คลองท่อม	0.147	0.129
	ปลายพระยา	0.263	0.100
	เมืองกระบี่	0.218	0.105
	ลำทับ	0.158	0.090
	เหนือคลอง	0.195	0.088
	อ่าวลึก	0.267	0.110
กาญจนบุรี	ด่านมะขามเตี้ย	0.862	0.316
	ทองผาภูมิ	0.728	0.200
	ท่าม่วง	0.802	0.275
	ท่ามะกา	0.481	0.154
	ไทรโยค	0.747	0.210
	บ่อพลอย	0.659	0.197
	พนมทวน	0.452	0.136
	เมืองกาญจนบุรี	0.642	0.241
	เลาขวัญ	0.487	0.138
	ศรีสวัสดิ์	0.752	0.208
	สังขละบุรี	0.840	0.234
	หนองปรือ	0.674	0.199
	ห้วยกระเจา	0.520	0.155
กาฬสินธุ์	กมลาไสย	0.046	0.028
	กุฉินารายณ์	0.049	0.028
	เขาวง	0.054	0.029
	คำม่วง	0.059	0.031
	ฆ้องชัย	0.046	0.028
	ดอนจาน	0.048	0.028
	ท่าคันโท	0.070	0.033
	นาคู	0.055	0.029
	นามน	0.050	0.029
	เมืองกาฬสินธุ์	0.048	0.028
	ยางตลาด	0.048	0.028
	ร่องคำ	0.045	0.027
จังหวัด	อำเภอ	ค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัม	
		S_S	S_1
	สามชัย	0.061	0.031
	สมเด็จ	0.053	0.030
	สหัสขันธ์	0.055	0.030
	หนองกุงศรี	0.055	0.030
	ห้วยผึ้ง	0.052	0.029
	ห้วยเม็ก	0.054	0.030
กำแพงเพชร	โกสัมพีนคร	0.469	0.133
	ขาณุวรลักษบุรี	0.363	0.108
	คลองขลุง	0.332	0.104
	คลองลาน	0.496	0.149
	ทรายทองวัฒนา	0.252	0.086
	ไทรงาม	0.252	0.084
	บึงสามัคคี	0.205	0.077
	ปางศิลาทอง	0.493	0.147
	พรานกระต่าย	0.433	0.117
	เมืองกำแพงเพชร	0.434	0.122
	ลานกระบือ	0.327	0.094
ขอนแก่น	กระนวน	0.060	0.031
	เขาสวนกวาง	0.074	0.033
	โคกโพธิ์ไชย	0.050	0.031
	ชนบท	0.048	0.029
	ชุมแพ	0.080	0.035
	ซำสูง	0.054	0.030
	โนนศิลา	0.045	0.029
	น้ำพอง	0.064	0.032
	บ้านแฮด	0.049	0.029
	บ้านไผ่	0.047	0.029
	บ้านฝาง	0.056	0.031
	หนองนาคำ	0.087	0.036
	เปือยน้อย	0.043	0.028
	พระยืน	0.053	0.030
	พล	0.044	0.029
	ภูผาม่าน	0.110	0.038
	ภูเวียง	0.074	0.034
	มัญจาคีรี	0.050	0.030
	เมืองขอนแก่น	0.053	0.030
	แวงน้อย	0.045	0.030
	แวงใหญ่	0.047	0.029
เชียงราย	ขุนตาล	0.769	0.175
	เชียงของ	0.796	0.202
	เชียงแสน	0.984	0.296
	ดอยหลวง	1.015	0.329
	เทิง	0.763	0.160
	ป่าแดด	0.772	0.157
	พญาเม็งราย	0.787	0.188
	พาน	0.831	0.175
	เมืองเชียงราย	0.917	0.250
	แม่จัน	1.022	0.306
	แม่ฟ้าหลวง	1.015	0.292
	แม่ลาว	0.884	0.220
	แม่สรวย	0.894	0.212
	แม่สาย	0.981	0.278
	เวียงแก่น	0.767	0.182
	เวียงเชียงรุ้ง	0.931	0.267
	เวียงชัย	0.879	0.229

หัวข้อบรรยาย

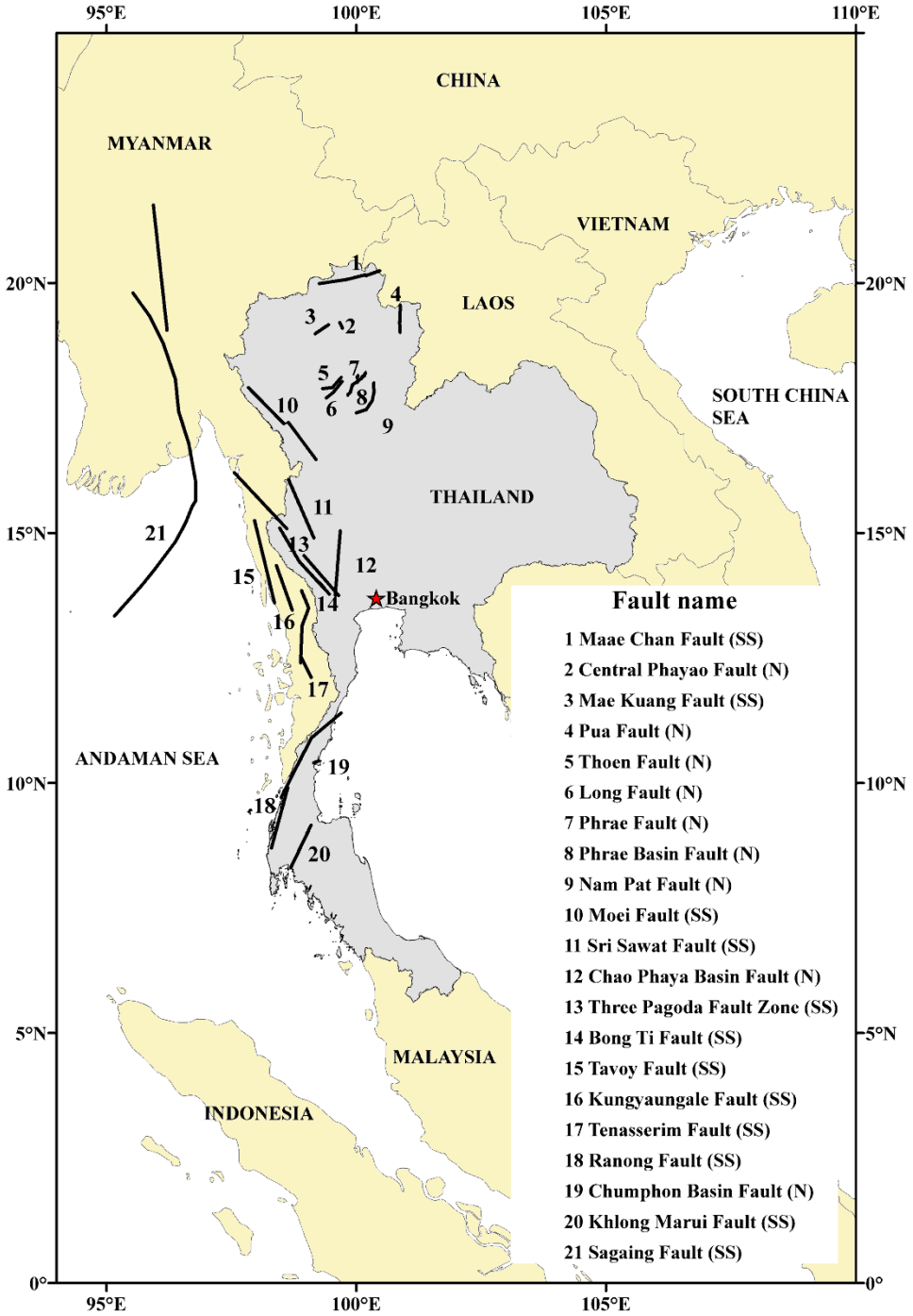
1. หลักการออกแบบอาคารต้านทานแรงแผ่นดินไหว
2. **โมเดลความเสี่ยงแผ่นดินไหวของประเทศไทย**
3. การคำนวนสเปกตรัมสำหรับแรงสถิตเทียบเท่า
4. การคำนวนสเปกตรัมสำหรับการตอบสนองแบบโหมด
5. ตัวอย่างความเสียหายในประเทศไทยจากแผ่นดินไหว
6. การเลือกพื้นที่ในการออกแบบตาม มยผ 1301/1302-61

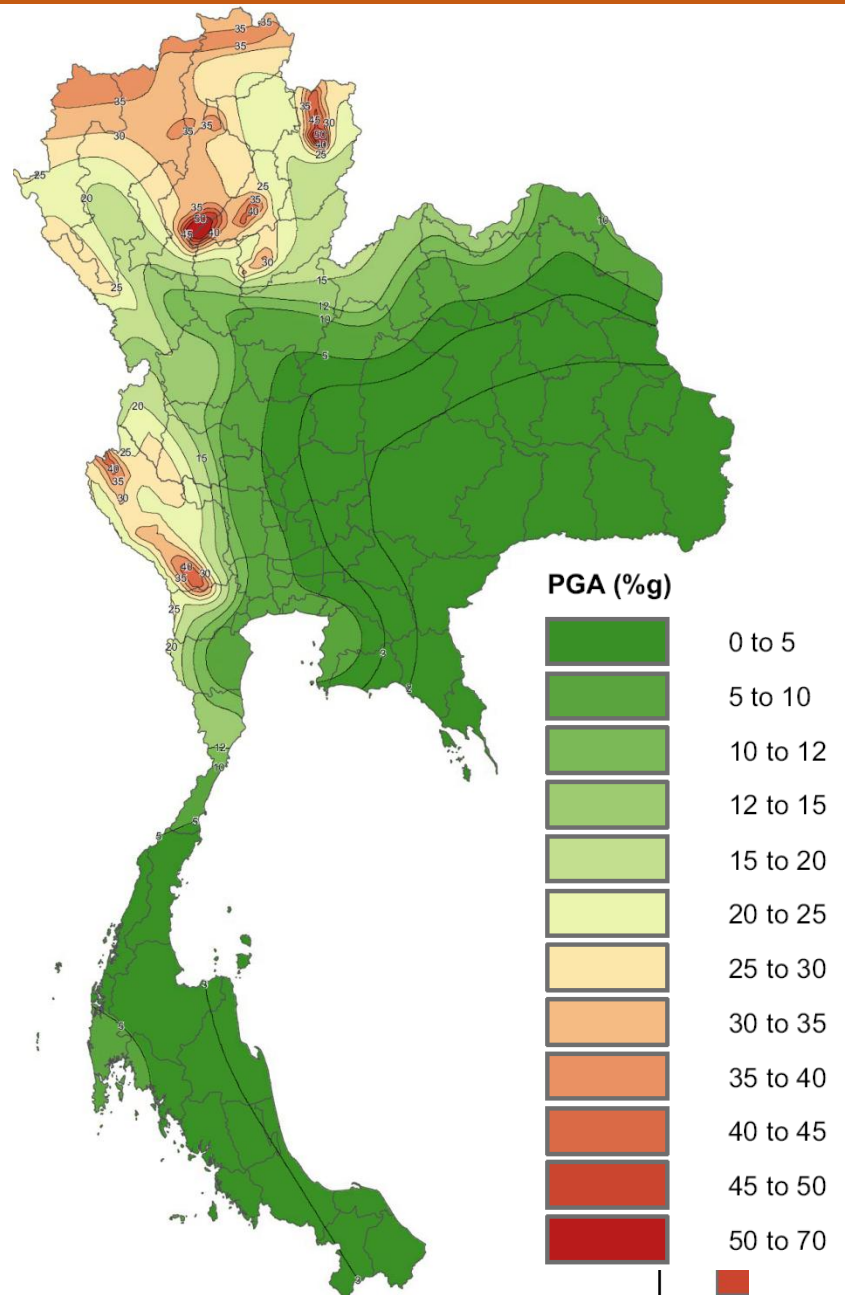
Peak Ground Acceleration with 10 % Probability of Exceedance in 50 years (Return Period 475 years)





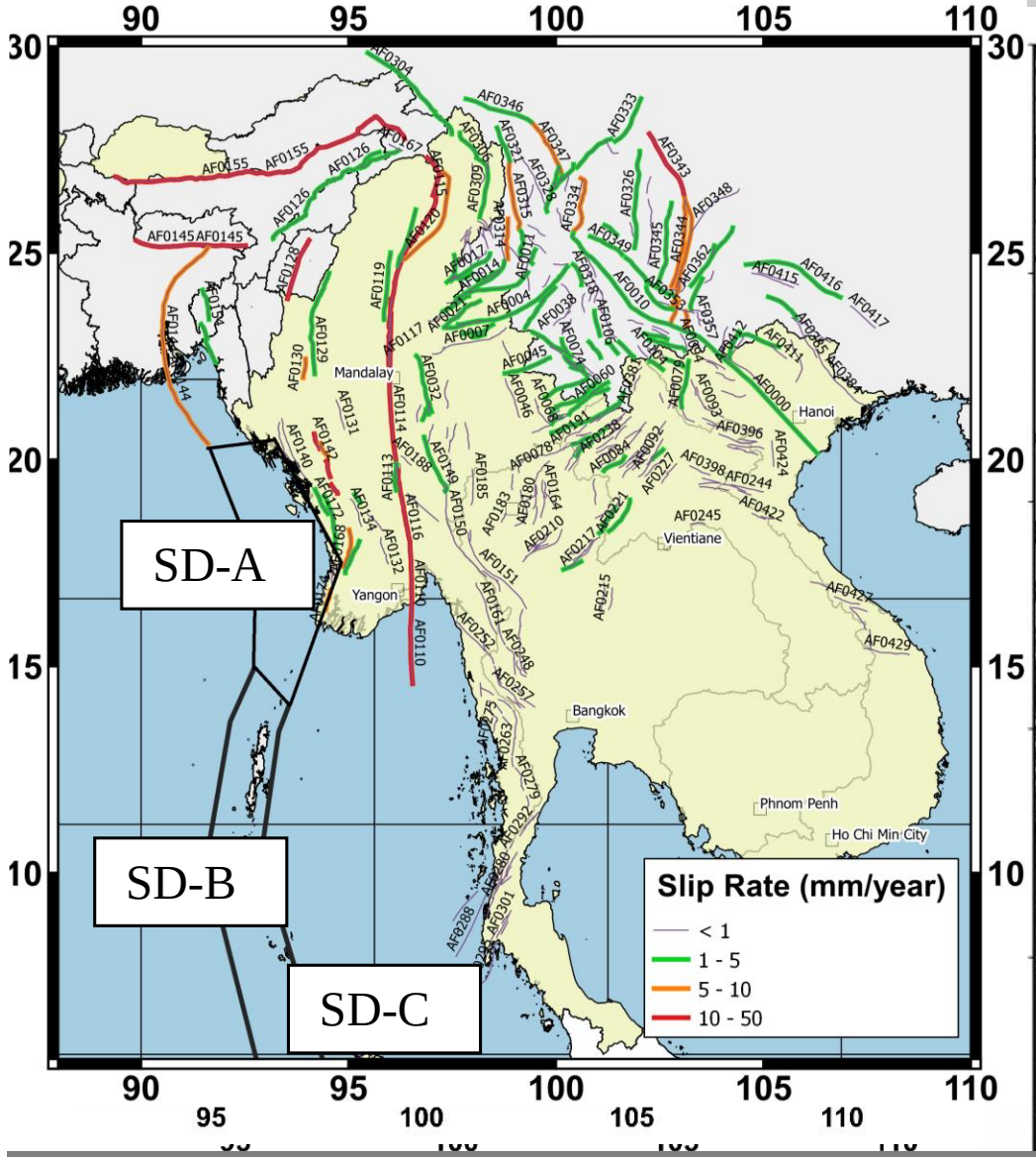
Peak Ground Acceleration with 2 % Probability of Exceedance in 50 years (Return Period 2,475 years)





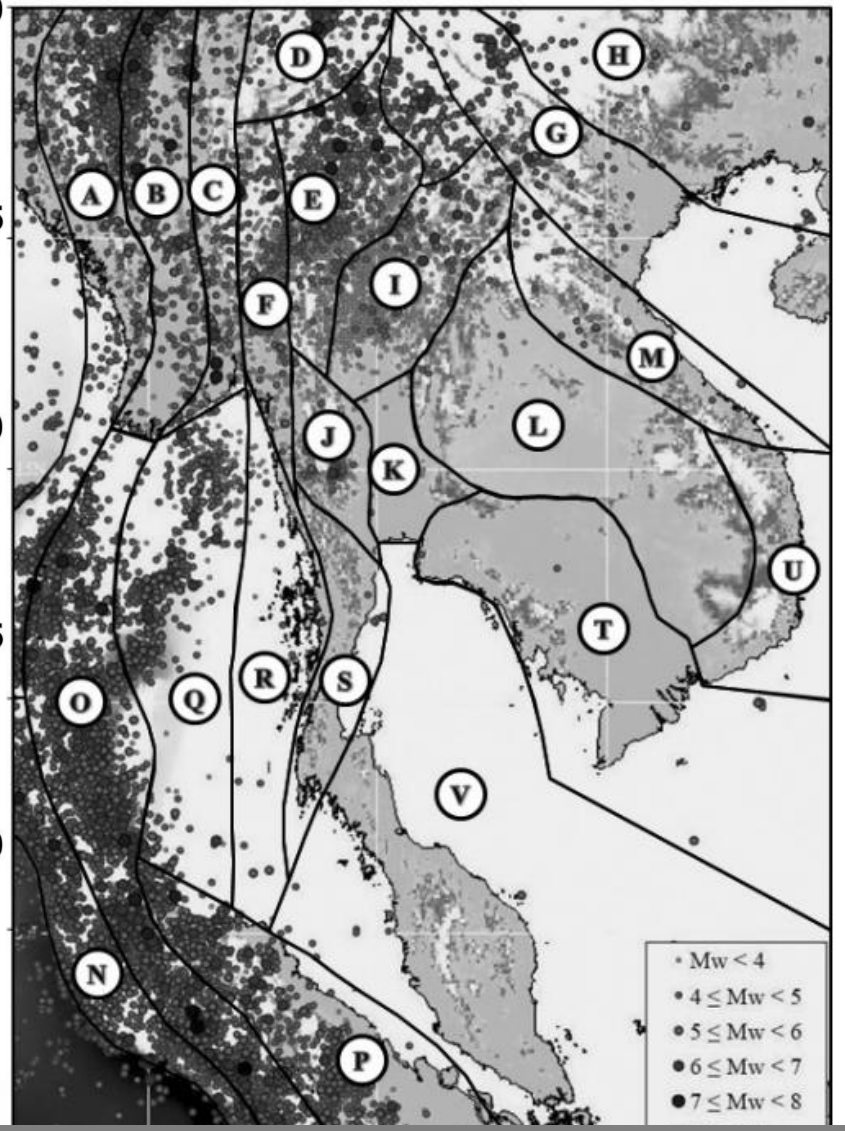
โมเดลความเสี่ยงแผ่นดินไหวของประเทศไทย

Ornthammarath et al. (2011)



Smooth seismicity + Active fault + Source zone

Palasri and Ruangrassamee (2010)

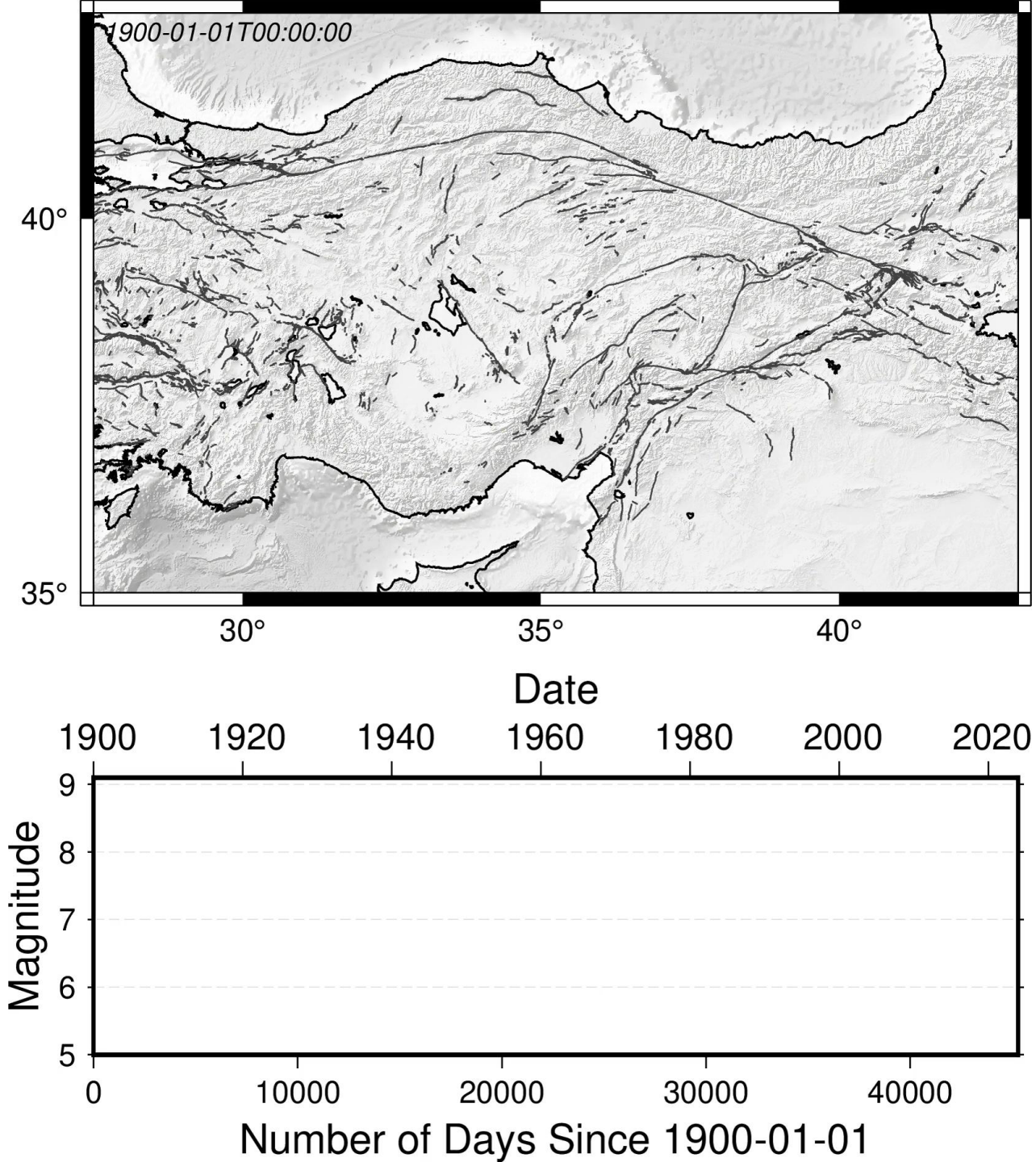


Source zone

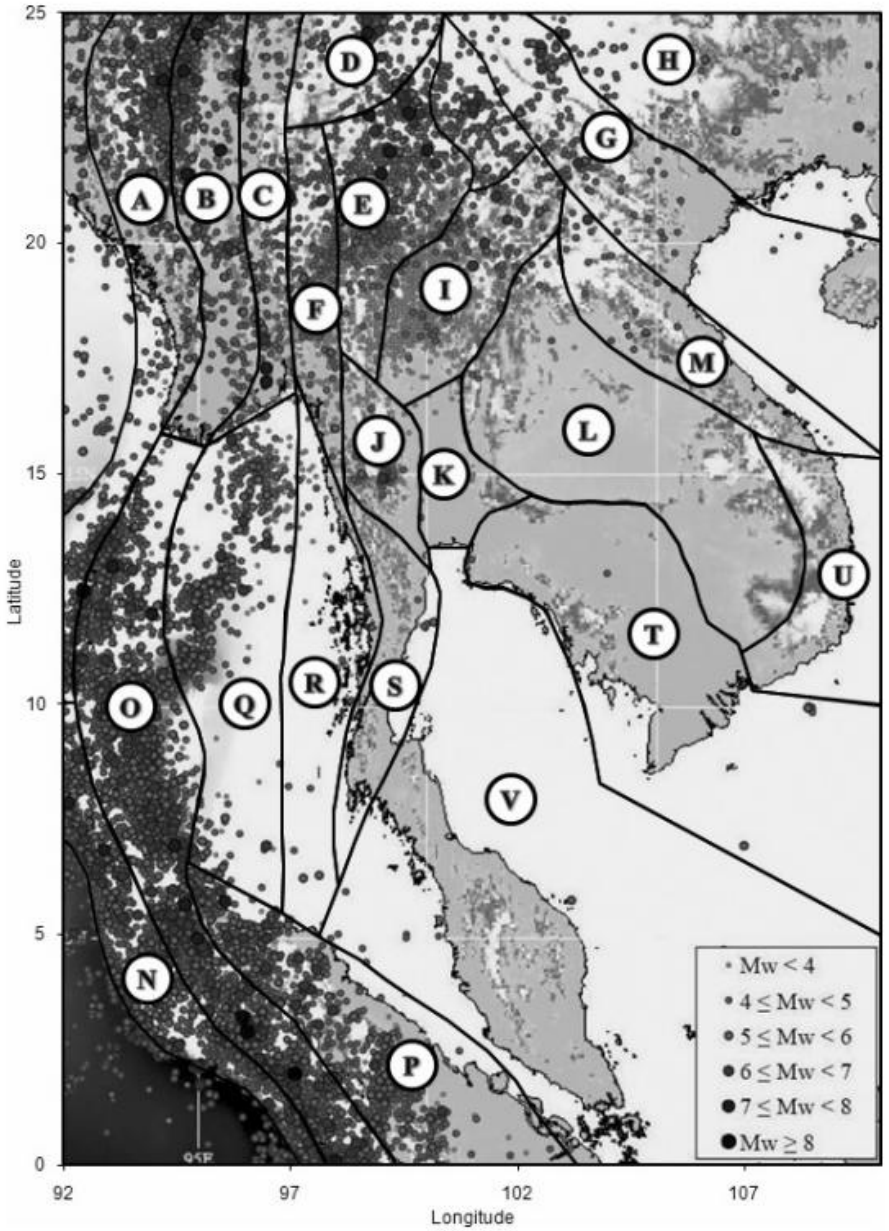
สถิติแผ่นดินไหวเพียงอย่างเดียวไม่สามารถทำนายแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ได้

แผ่นดินไหวภาคตะวันออกประเทศตุรกี 2023 ขนาด 7.8 เกิดขึ้นบริเวณที่ไม่เคยเกิดแผ่นดินไหวมากกว่า 6.5 มากกว่า 100 ปี

การโมเดลความเสี่ยงแผ่นดินไหวที่ถูกต้องจึงต้องใช้ข้อมูลการสำรวจรอยเลื่อนมีพลังอย่างครบถ้วน



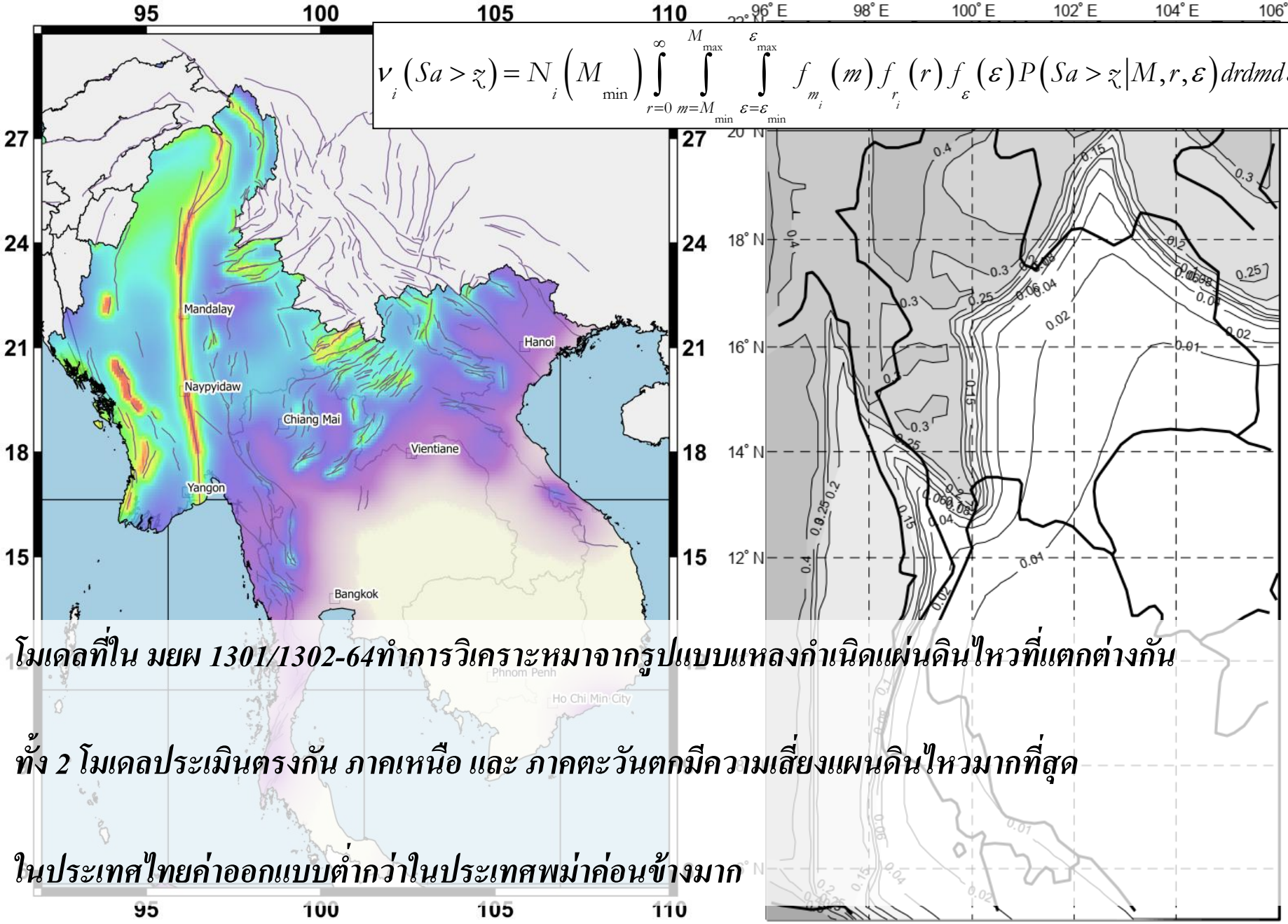
Palasri and Ruangrassamee (2010)



Source zones	Maximum magnitude from catalog
Zone A	7.2
Zone B	7.4
Zone C	7.7
Zone D	7.0
Zone E	7.3 (7.5)
Zone F	7.9
Zone G	6.6
Zone H	6.7
Zone I	6.7 (7.5)
Zone J	6.2 (7.5)
Zone M	6.7
Zone N	7.5
Zone O	9.0
Zone P	7.4
Zone Q	6.5
Zone R	5.6
Zone W	6.7

ความเสี่ยงแผ่นดินไหวของประเทศไทยเทียบกับประเทศเพื่อนบ้าน

$$\nu_i(Sa > z) = N_i(M_{\min}) \int_{r=0}^{\infty} \int_{m=M_{\min}}^{M_{\max}} \int_{\varepsilon=\varepsilon_{\min}}^{\varepsilon_{\max}} f_{m_i}(m) f_{r_i}(r) f_{\varepsilon}(\varepsilon) P(Sa > z | M, r, \varepsilon) dr dm d\varepsilon$$

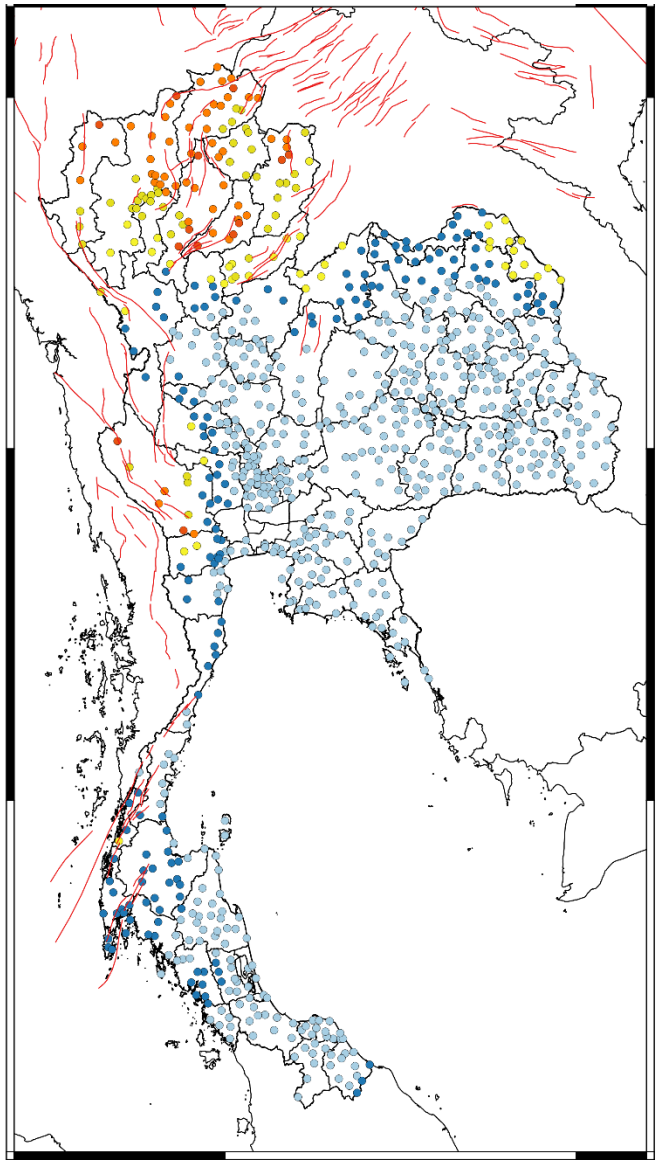


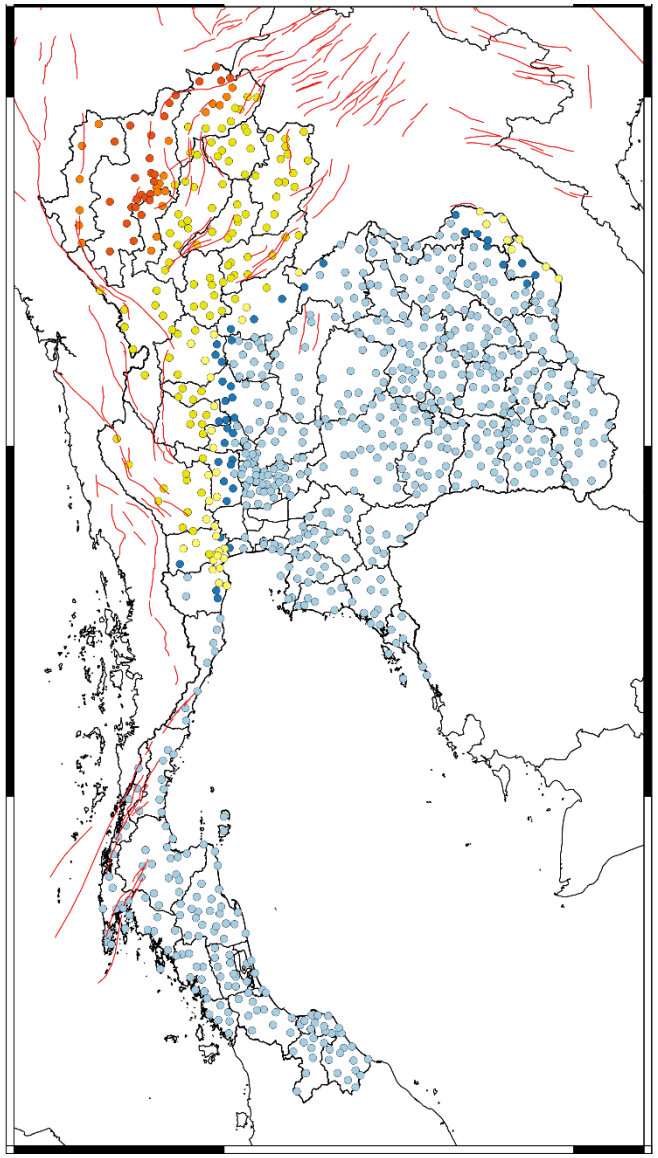
โมเดลที่ใน มยผ 1301/1302-64ทำการวิเคราะหมาจากรูปแบบแหลงกำเนิดแผ่นดินไหวที่แตกต่างกัน

ทั้ง 2 โมเดลประเมินตรงกัน ภาคเหนือ และ ภาคตะวันตกมีความเสี่ยงแผนดินไหวมากที่สุด

ในประเทศไทยค่าออกแบบต่ำกว่าในประเทศพม่าค่อนข้างมาก

ค่า **Ss** ใน *Ornthammarath et al. (2011) Palasri and Ruangrassamee (2010)*

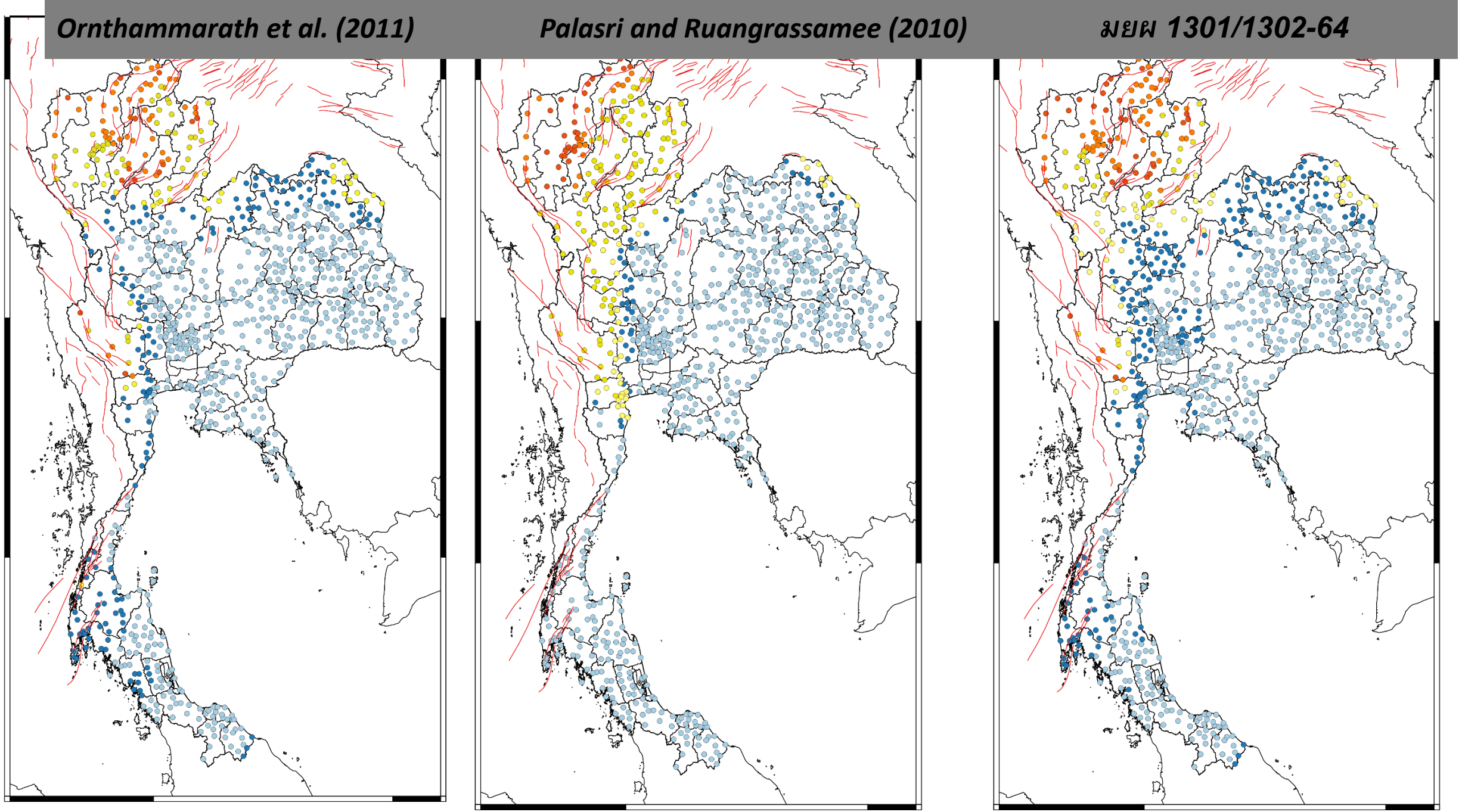




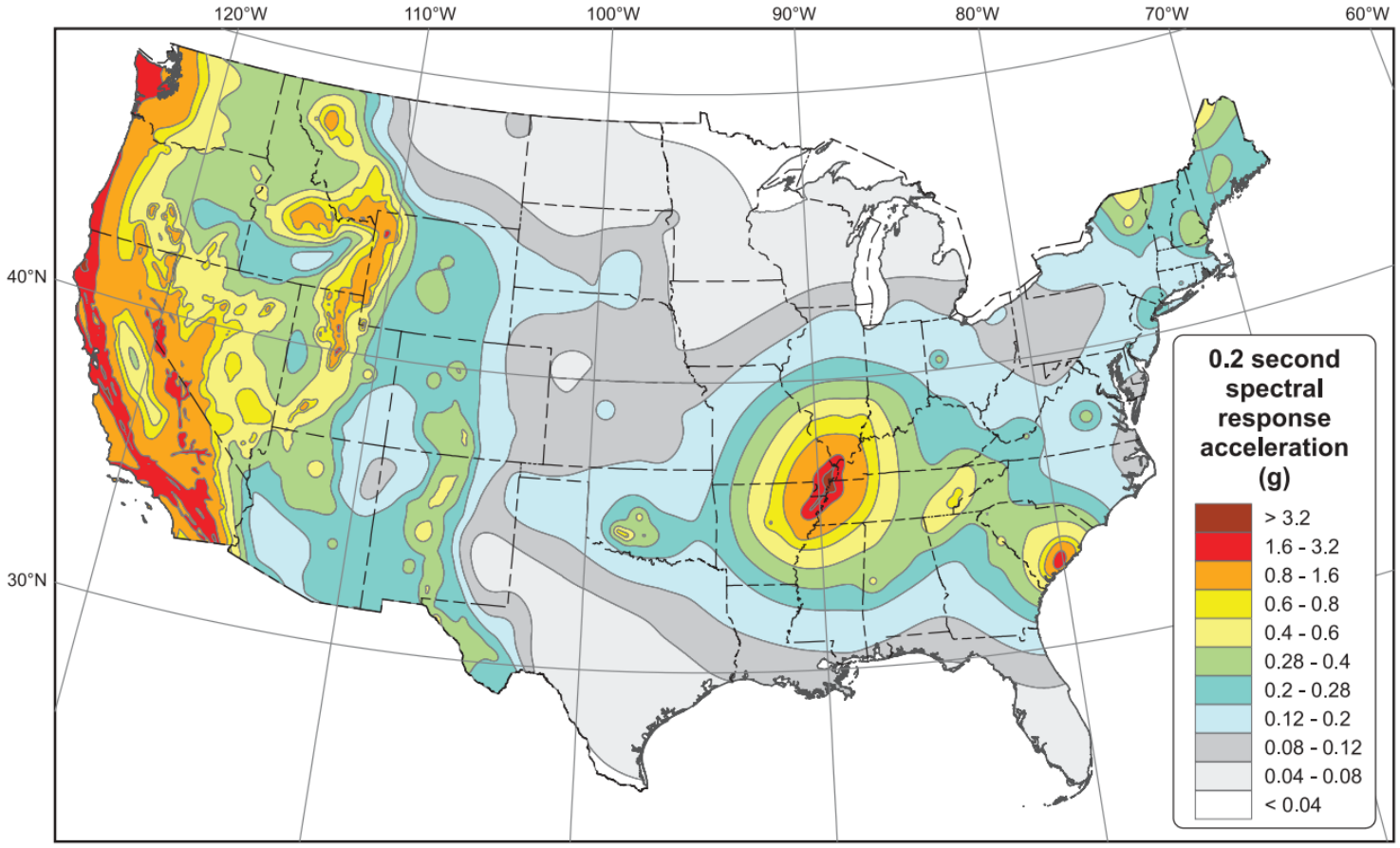
S_s

- 1.0g – 1.1g
- 0.8g – 1.0g
- 0.6g – 0.8g
- 0.4g – 0.6g
- 0.2g – 0.4g
- 0.0g – 0.2g

✓ค่าเสปกตรัมที่ 0.2 วินาที ทั้ง 2 ทีมวิจัยพบว่าภาคเหนือและภาคตะวันตกมีค่าที่สูงที่สุดในประเทศไทย


Ornthammarath et al. (2011)
Palasri and Ruangrassamee (2010)
มยผ 1301/1302-64

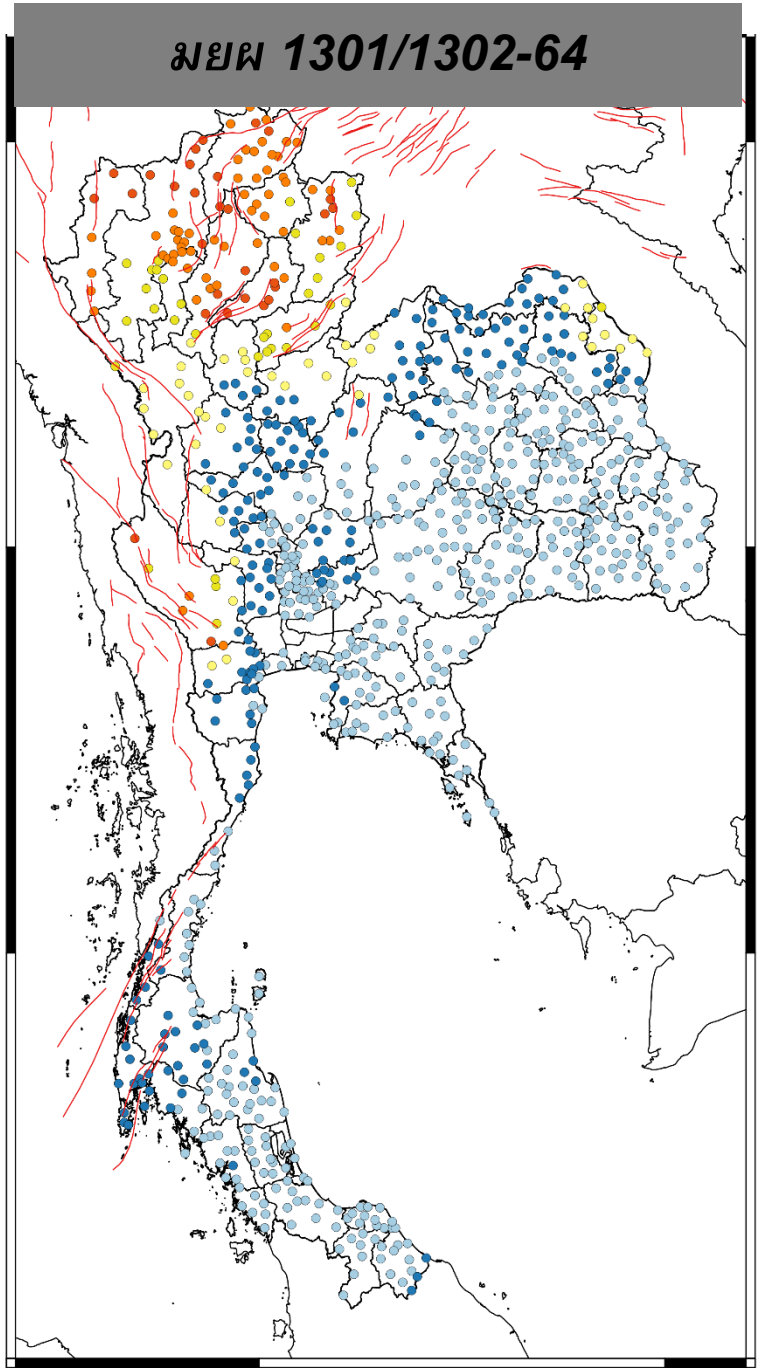
ค่า Ss ใน มยผ 1301/1302-64

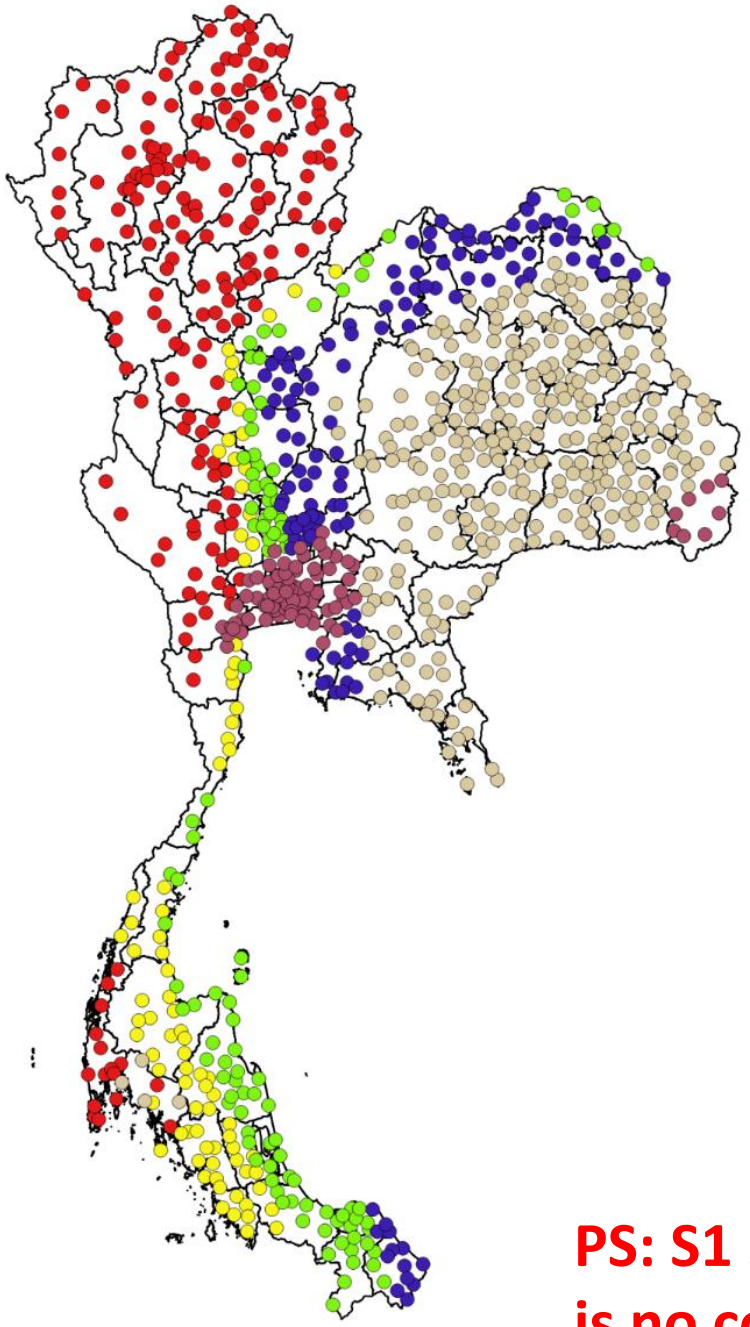


2018 NSHM, 2% in 50 years probability of exceedance, NEHRP site class B/C (V_{S30} = 760 m/s)

✓ ภาคเหนือมีค่าสเปกตรัมที่ 0.2 วินาที สูงที่สุดเท่ากับ 1.1g ต่ำกว่าค่าที่กำหนดบริเวณรอยเลื่อน San Andrea ในภาคตะวันตกของสหรัฐอเมริกามาก

✓ ภาคใต้มีค่าสเปกตรัมใกล้เคียงกับบริเวณ เลย หนองคาย และ บึงกาฬ



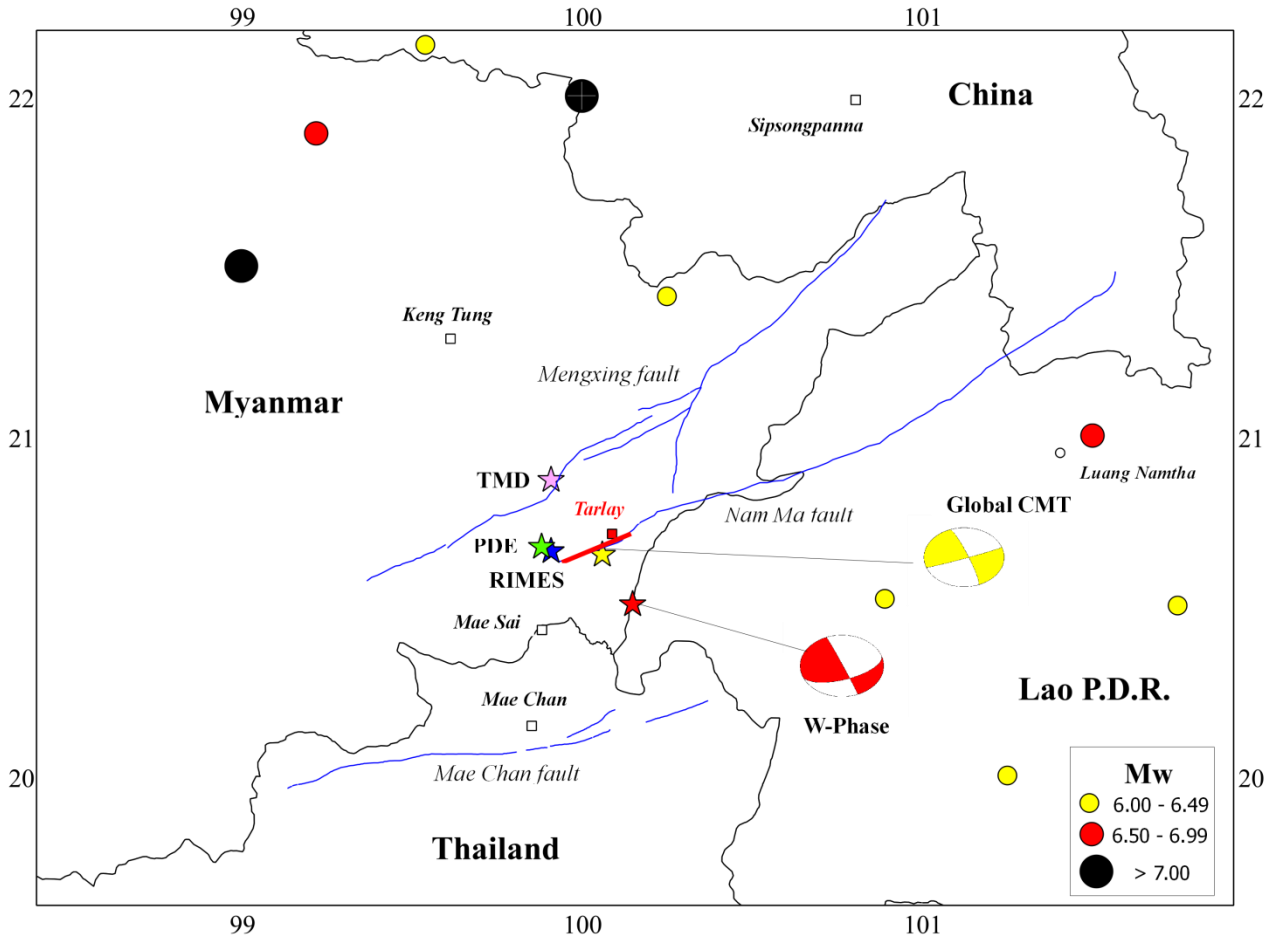


S1 2016

- > 0.1g
- 0.08g – 0.1g
- 0.06g – 0.08g
- 0.04g – 0.06g
- 0.02g – 0.04g
- 0.00g – 0.02g

PS: S1 2016 is very similar to S1 2009 so there is no comparison map.

Nam Ma fault and its surrounding seismicity (M > 6.0) from 1912 to 2012



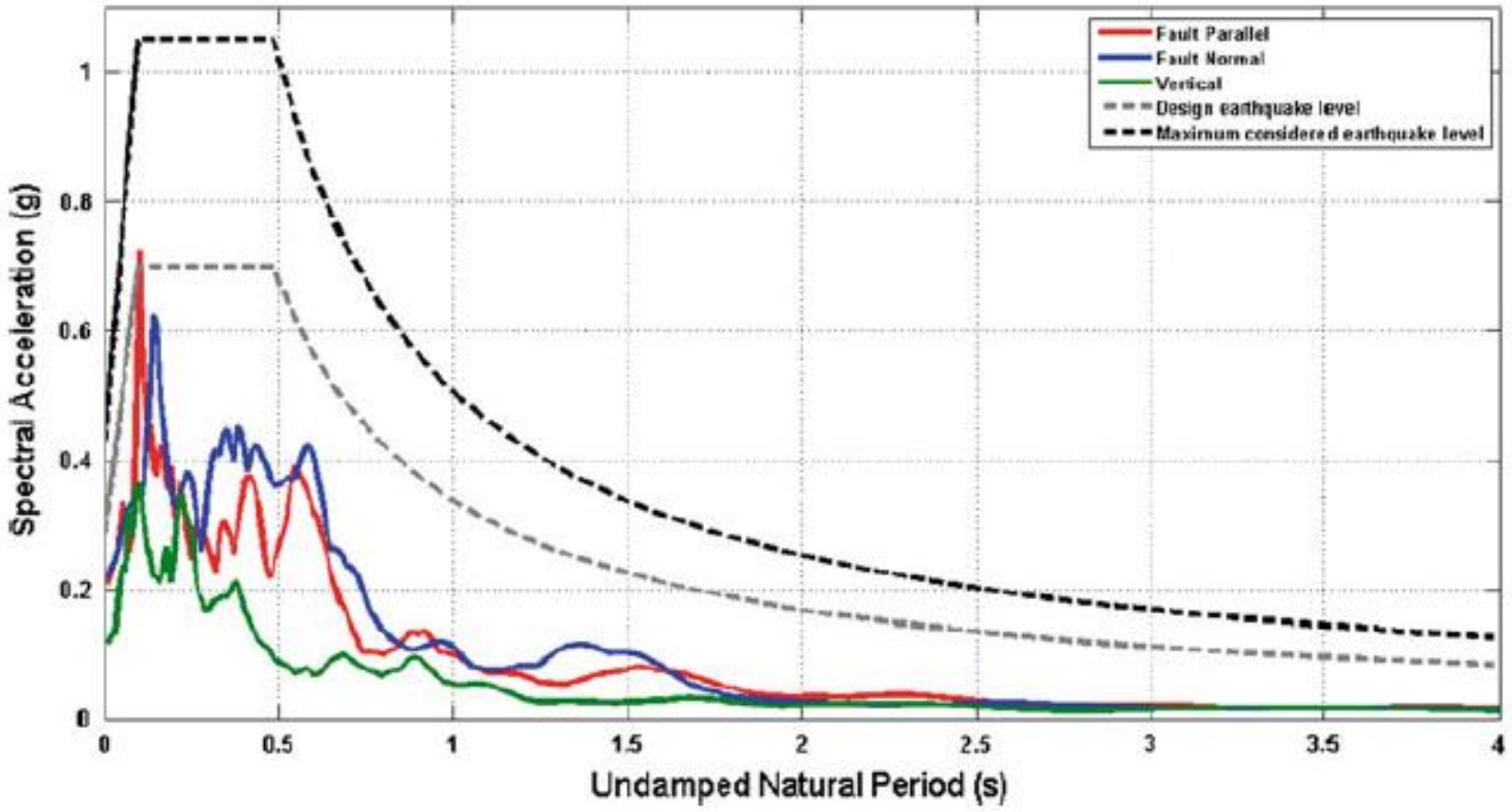
-There is no earthquake magnitude greater than 6.0 from Nam Ma fault for at least the last 100 years

- However sharp deflected river course indicate existing active fault location

- Rupture propagate to Northeast direction in conjunctions with Tarlay and Mong Hpayak

ตัวอย่างสเปกตรัมจากแผ่นดินไหวที่วัดได้ในประเทศไทย

สเปกตรัมแผ่นดินไหว 6.8 วันที่ 24 มีนาคม 2554 ที่ อ. แม่สาย จังหวัดเชียงราย

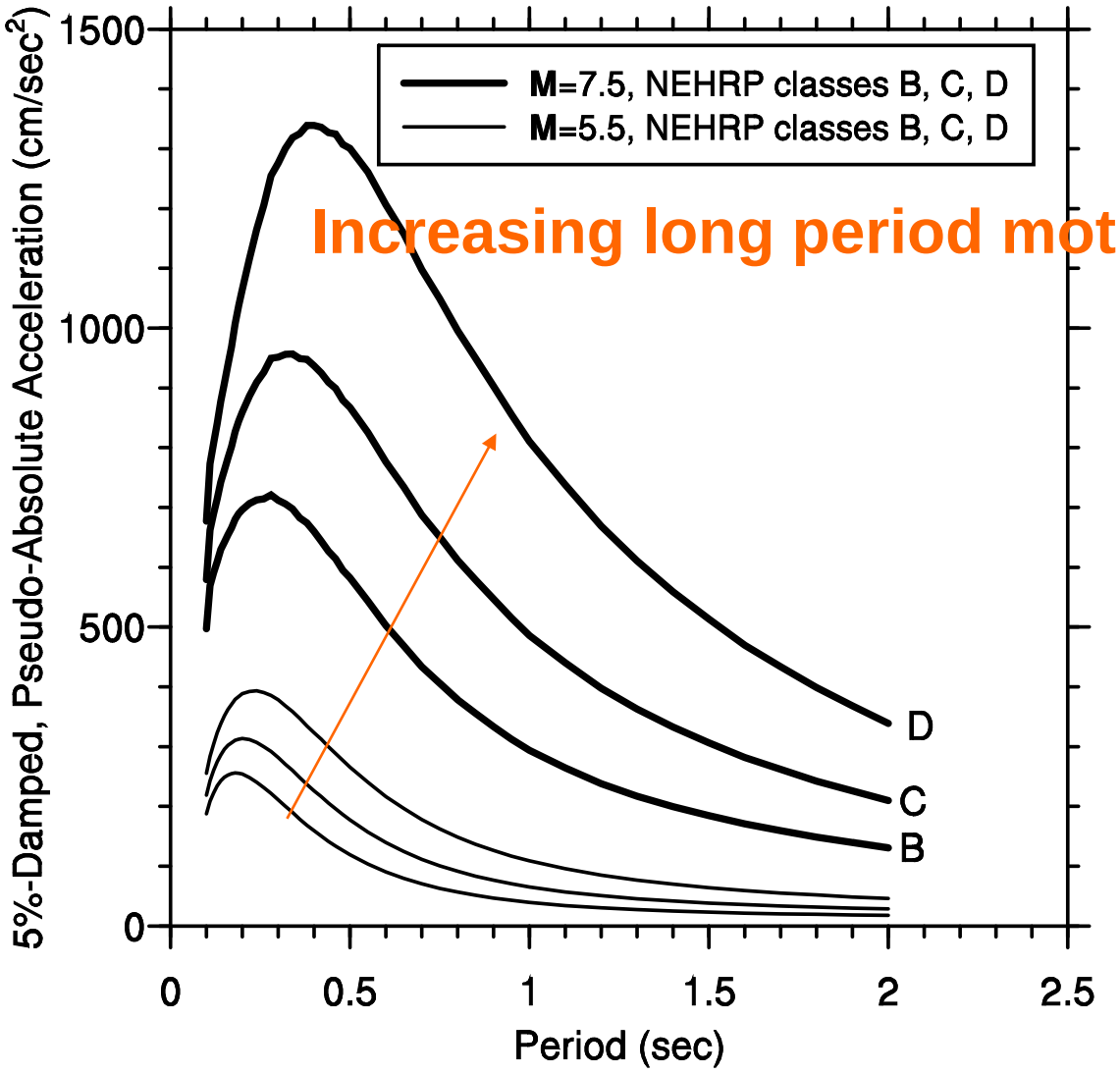


✓ อำเภอแม่สายอยู่ห่างจากศูนย์กลางแผ่นดินไหวประมาณ 28 กิโลเมตร

✓ ค่า PGA 0.2g สูงที่สุดที่วัดได้ในประเทศไทย

✓ ค่าสเปกตรัมที่ 0.2s ใกล้เคียงกับ สเปกตรัมออกแบบ

Effect of magnitude on spectra



Boore et al. (1997)

ข้อมูลคลื่นแผ่นดินไหวที่เหมาะสมที่สามารถเลือกนำไปใช้ในการออกแบบอาคารโดยใช้วิธีประวัติเวลา (Time History Analysis) ที่คาบการเกิดแผ่นดินไหวที่ 2,475 ปี โดยการสร้าง Conditional Mean Spectrum (CMS) ซึ่งแสดงค่าสเปกตรัมผลตอบสนองที่คาบการสั่นของอาคารที่ 0.2, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ 3.0 วินาที ในแต่ละพื้นที่บริเวณกรุงเทพและปริมณฑล จำนวน 10 โซน ที่สอดคล้องกับมาตรฐานฉบับปรับปรุง สามารถดาวน์โหลดได้จากลิงค์ข้างล่าง ซึ่งประกอบด้วย

Acceleration Time History (แบ่งตามโซน โซน1-โซน10)

ข้อมูลคลื่นแผ่นดินไหวในแต่ละโซน หรือแต่ละจังหวัด ประกอบด้วย

1. คลื่นแผ่นดินไหวที่ผิวดินที่คาบการสั่นของอาคารเท่ากับ 0.2, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, และ 3.0 วินาที ตามลำดับ ซึ่งในแต่ละคาบการสั่นจะมีคลื่นแผ่นดินไหวจำนวน 8 คลื่น ยกเว้นที่คาบการสั่น 1.5 วินาที จะมีคลื่นแผ่นดินไหวจำนวน 6 คลื่น
2. ข้อมูลคลื่นแผ่นดินไหว (Acceleration Time History) อยู่ในรูปแบบของ Text file (.txt) ประกอบด้วย 2 คอลัมภ์ โดย**คอลัมภ์แรกคือ เวลา หน่วยเป็น วินาที** และ**คอลัมภ์ที่ 2 คือ ความเร่ง หน่วยเป็น g**
3. ข้อมูลความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัม (Acceleration Response Spectrum) อยู่ในรูปแบบของ Text file (.txt) ประกอบด้วย 3 คอลัมภ์ **โดยคอลัมภ์แรกคือ คาบการสั่น หน่วยเป็นวินาที, คอลัมภ์ที่ 2 คือ SA, 5% Damping หน่วยเป็น g และคอลัมภ์ที่ 3 คือ SA, 2.5% Damping หน่วยเป็น g**
4. **(อัพเดท)** ตารางแสดงข้อมูลแผ่นดินไหวที่ใช้เป็นคลื่นเริ่มต้นเพื่อคำนวณเป็นคลื่นที่ผิวดินของกรุงเทพมหานคร

Acceleration Time History (แบ่งตามโซน โซน1-โซน10)

1. **โซน 1** |Time History| |Response Spectrum|
2. **โซน 2** |Time History| |Response Spectrum|
3. **โซน 3** |Time History| |Response Spectrum|
4. **โซน 4** |Time History| |Response Spectrum|
5. **โซน 5** |Time History| |Response Spectrum|
6. **โซน 6** |Time History| |Response Spectrum|
7. **โซน 7** |Time History| |Response Spectrum|
8. **โซน 8** |Time History| |Response Spectrum|
9. **โซน 9** |Time History| |Response Spectrum|
10. **โซน 10** |Time History| |Response Spectrum|

คลื่นแผ่นดินไหวสำหรับการออกแบบ

https://sites.google.com/view/dpt1302/

หัวข้อบรรยาย

1. หลักการออกแบบอาคารต้านทานแรงแผ่นดินไหว
2. โมเดลความเสี่ยงแผ่นดินไหวของประเทศไทย
3. **การคำนวนสเปกตรัมสำหรับแรงสถิตเทียบเท่า**
4. การคำนวนสเปกตรัมสำหรับการตอบสนองแบบโหมด
5. ตัวอย่างความเสียหายในประเทศไทยจากแผ่นดินไหว
6. การเลือกพื้นที่ในการออกแบบตาม มยผ 1301/1302-61

ตารางที่ 2.7-1 วิธีการวิเคราะห์โครงสร้างเพื่อคำนวณผลของแรงแผ่นดินไหวที่อนุญาตให้ใช้ได้

ประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหว	ลักษณะโครงสร้าง	วิธีแรงสถิตเทียบเท่า	วิธีสเปกตรัมการตอบสนองแบบโหมด	วิธีวิเคราะห์การตอบสนองแบบประวัติเวลา
ข, ค	โครงสร้างอาคารทุกรูปแบบ	อนุญาต	อนุญาต	อนุญาต
ง	อาคารที่มีประเภทความสำคัญแบบ I หรือ II ที่ใช้โครงสร้างเบา (Light-frame Construction)	อนุญาต	อนุญาต	อนุญาต
	อาคารแบบอื่น ๆ ที่มีประเภทความสำคัญ แบบ I หรือ II และมีความสูงไม่เกิน 2 ชั้น	อนุญาต	อนุญาต	อนุญาต
	อาคารที่มีรูปทรงโครงสร้างสม่ำเสมอ และมีความสูงไม่เกิน 50 เมตร	อนุญาต	อนุญาต	อนุญาต
	อาคารนอกแอ่งกรุงเทพฯ ที่มีรูปทรงโครงสร้างสม่ำเสมอที่สูงเกิน 50 เมตรและมีคาบการสั่นพื้นฐานน้อยกว่า $3.5T_s$	อนุญาต	อนุญาต	อนุญาต
	อาคารที่มีความสูงไม่เกิน 50 เมตร และมีความไม่สม่ำเสมอของรูปทรงโครงสร้างในแนวระนาบ แบบ 2, 3, 4, หรือ 5 หรือในแนวดิ่ง แบบ 4, 5 ก หรือ 5ข	อนุญาต	อนุญาต	อนุญาต
	อาคารแบบอื่น ๆ	ไม่อนุญาต	อนุญาต	อนุญาต

ตารางที่ 1.6-1 การแบ่งประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหวโดยพิจารณาจากค่า S_{DS}

ค่า S_{DS}	ประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหว		
	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 การแบ่งประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหวโดยพิจารณาจากค่า S_{D1}

ค่า S_{D1}	ประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหว		
	ประเภทความสำคัญ I หรือ II	ประเภทความสำคัญ III	ประเภทความสำคัญ IV
$S_{D1} < 0.067$	ก (ไม่ต้องออกแบบ)	ก (ไม่ต้องออกแบบ)	ก (ไม่ต้องออกแบบ)
$0.067 \leq S_{D1} < 0.133$	ข	ข	ค
$0.133 \leq S_{D1} < 0.20$	ค	ค	ง
$0.20 \leq S_{D1}$	ง	ง	ง

1). Determine acceleration parameters, S_s and S_1

จังหวัด	อำเภอ	ความเร่งตอบสนอง (g)	
		S_s	S_1
เชียงราย	ขุนตาล	0.769	0.175
	เชียงของ	0.796	0.202
	เชียงแสน	0.984	0.296
	ดอยหลวง	1.015	0.329
	เทิง	0.763	0.160
	ป่าแดด	0.772	0.157
	พญาเม็งราย	0.787	0.188
	พาน	0.831	0.175
	เมืองเชียงราย	0.917	0.250
	แม่จัน	1.022	0.306
	แม่ฟ้าหลวง	1.015	0.292
	แม่ลาว	0.884	0.220
	แม่สรวย	0.894	0.212
	แม่สาย	0.981	0.278
	เวียงแก่น	0.767	0.182
	เวียงเชียงรุ้ง	0.931	0.267
	เวียงชัย	0.879	0.229

1

$$S_{MS} = F_a S_S$$

$$S_{M1} = F_v S_1$$

ตารางที่ 1.4-2 ค่าสัมประสิทธิ์สำหรับชั้นดินที่ ณ ที่ตั้งอาคาร F_a

ประเภทของชั้นดิน	ความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมของแผ่นดินไหวรุนแรงสูงสุดที่พิจารณาที่คาบ 0.2 วินาที (g)				
	$S_S \leq 0.25$	$S_S = 0.5$	$S_S = 0.75$	$S_S = 1.0$	$S_S \geq 1.25$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
D	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
E	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
F	จำเป็นต้องทำการวิเคราะห์การตอบสนองของดินเป็นกรณีๆไป				

2

ตารางที่ 1.4-3 ค่าสัมประสิทธิ์สำหรับชั้นดิน ณ ที่ตั้งอาคาร F_v

ประเภทของชั้นดิน	ความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมของแผ่นดินไหวรุนแรงสูงสุดที่พิจารณาที่คาบ 1.0 วินาที (g)				
	$S_1 \leq 0.1$	$S_1 = 0.2$	$S_1 = 0.3$	$S_1 = 0.4$	$S_1 \geq 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
D	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
E	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
F	จำเป็นต้องทำการวิเคราะห์การตอบสนอ				

2

3

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS}$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1}$$

2). Determine site amplification factors (Fa and Fv)

3). Determine Design Earthquake at 0.2 and 1.0 seconds (S_{DS} and S_{DL}, respectively)

$S_s = 0.93$

$S_1 = 0.27$

$F_a = 1.12$

$F_v = 1.85$

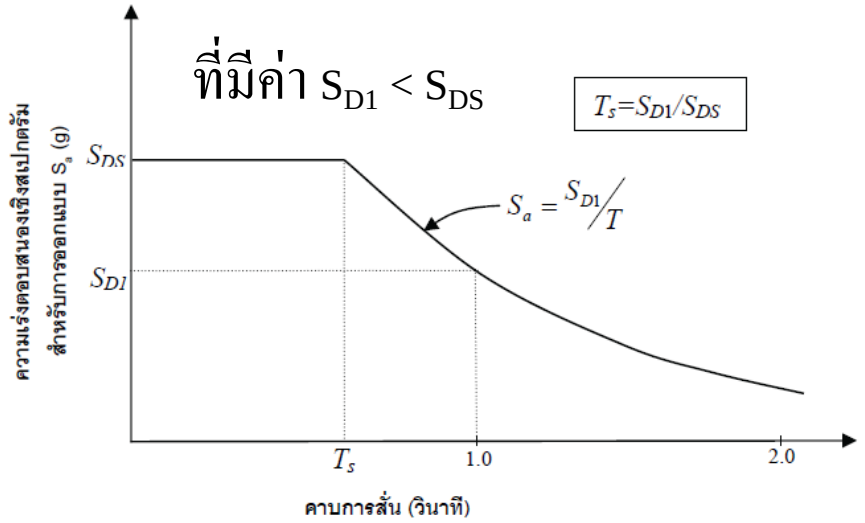
$S_{MS} = Fa \times S_S = 1.05$

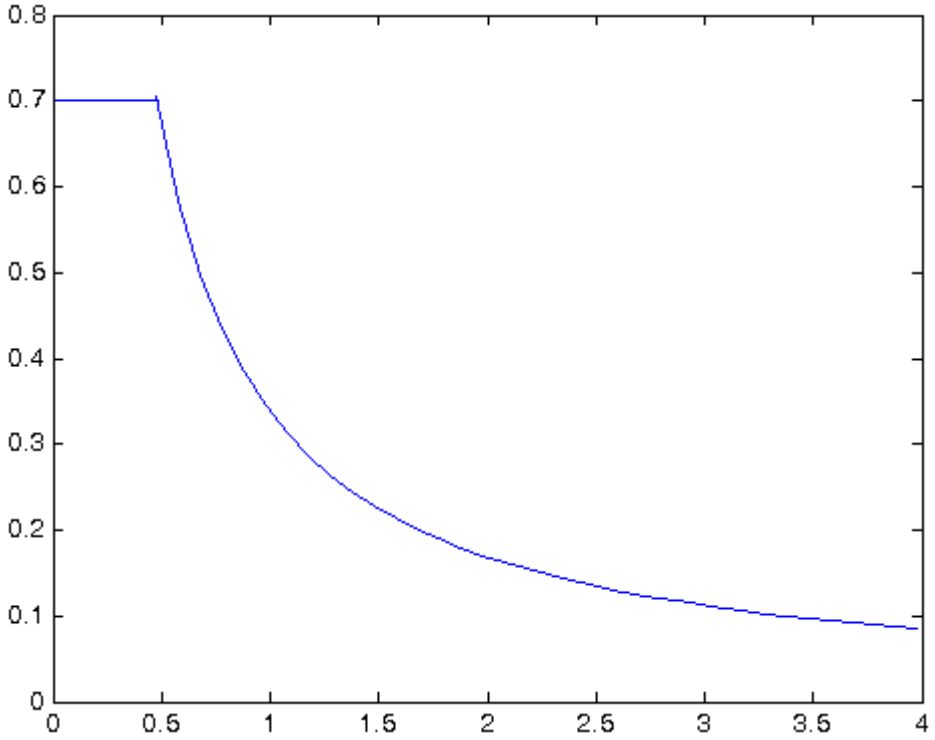
$S_{M1} = Fv \times S_1 = 0.50$

$S_{DS} = 0.70$

$S_{D1} = 0.34$

$T_S = S_{D1}/S_{DS} = 0.48$





หัวข้อบรรยาย

1. หลักการออกแบบอาคารต้านทานแรงแผ่นดินไหว
2. โมเดลความเสี่ยงแผ่นดินไหวของประเทศไทย
3. การคำนวนสเปกตรัมสำหรับแรงสถิตเทียบเท่า
4. **การคำนวนสเปกตรัมสำหรับการตอบสนองแบบโหมด**
5. ตัวอย่างความเสียหายในประเทศไทยจากแผ่นดินไหว
6. การเลือกพื้นที่ในการออกแบบตาม มยผ 1301/1302-61

1). Determine acceleration parameters, S_s and S_1

จังหวัด	อำเภอ	ความเร่งตอบสนอง (g)	
		S_s	S_1
เชียงราย	ขุนตาล	0.769	0.175
	เชียงของ	0.796	0.202
	เชียงแสน	0.984	0.296
	ดอยหลวง	1.015	0.329
	เทิง	0.763	0.160
	ป่าแดด	0.772	0.157
	พญาเม็งราย	0.787	0.188
	พาน	0.831	0.175
	เมืองเชียงราย	0.917	0.250
	แม่จัน	1.022	0.306
	แม่ฟ้าหลวง	1.015	0.292
	แม่ลาว	0.884	0.220
	แม่สรวย	0.894	0.212
	แม่สาย	0.981	0.278
	เวียงแก่น	0.767	0.182
	เวียงเชียงรุ้ง	0.931	0.267
	เวียงชัย	0.879	0.229

1

$$S_{MS} = F_a S_S$$

$$S_{M1} = F_v S_1$$

ตารางที่ 1.4-2 ค่าสัมประสิทธิ์สำหรับชั้นดินที่ ณ ที่ตั้งอาคาร F_a

ประเภทของชั้นดิน	ความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมของแผ่นดินไหวรุนแรงสูงสุดที่พิจารณาที่คาบ 0.2 วินาที (g)				
	$S_S \leq 0.25$	$S_S = 0.5$	$S_S = 0.75$	$S_S = 1.0$	$S_S \geq 1.25$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
D	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
E	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
F	จำเป็นต้องทำการวิเคราะห์การตอบสนองของดินเป็นกรณีๆไป				

2

ตารางที่ 1.4-3 ค่าสัมประสิทธิ์สำหรับชั้นดิน ณ ที่ตั้งอาคาร F_v

ประเภทของชั้นดิน	ความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมของแผ่นดินไหวรุนแรงสูงสุดที่พิจารณาที่คาบ 1.0 วินาที (g)				
	$S_1 \leq 0.1$	$S_1 = 0.2$	$S_1 = 0.3$	$S_1 = 0.4$	$S_1 \geq 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
D	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
E	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
F	จำเป็นต้องทำการวิเคราะห์การตอบสนองของดินเป็นกรณีๆไป				

2

2). Determine site amplification factors (Fa and Fv)

3). Determine Design Earthquake at 0.2 and 1.0 seconds (S_{DS} and S_{DL}, respectively)

3

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS}$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1}$$

1. สร้างสเปกตรัมสำหรับการออกแบบ

$S_s = 0.93$

$S_1 = 0.27$

$F_a = 1.12$

$F_v = 1.85$

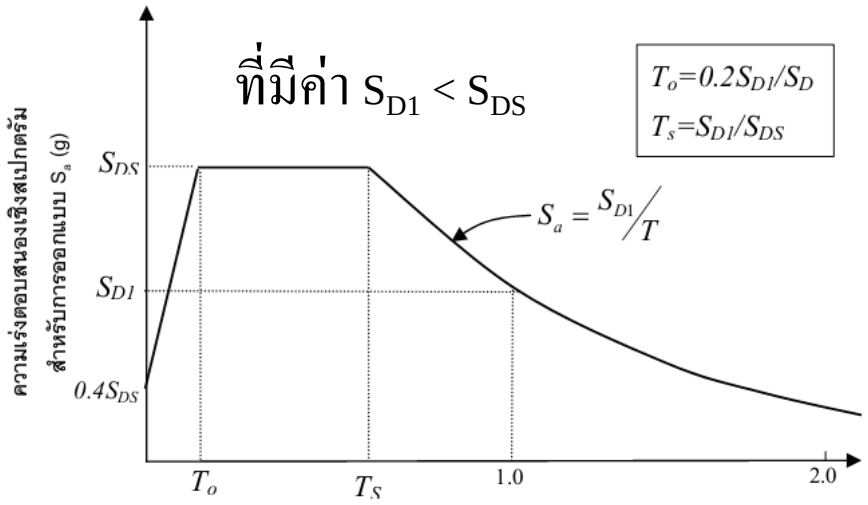
$S_{MS} = Fa \times S_S = 1.05$

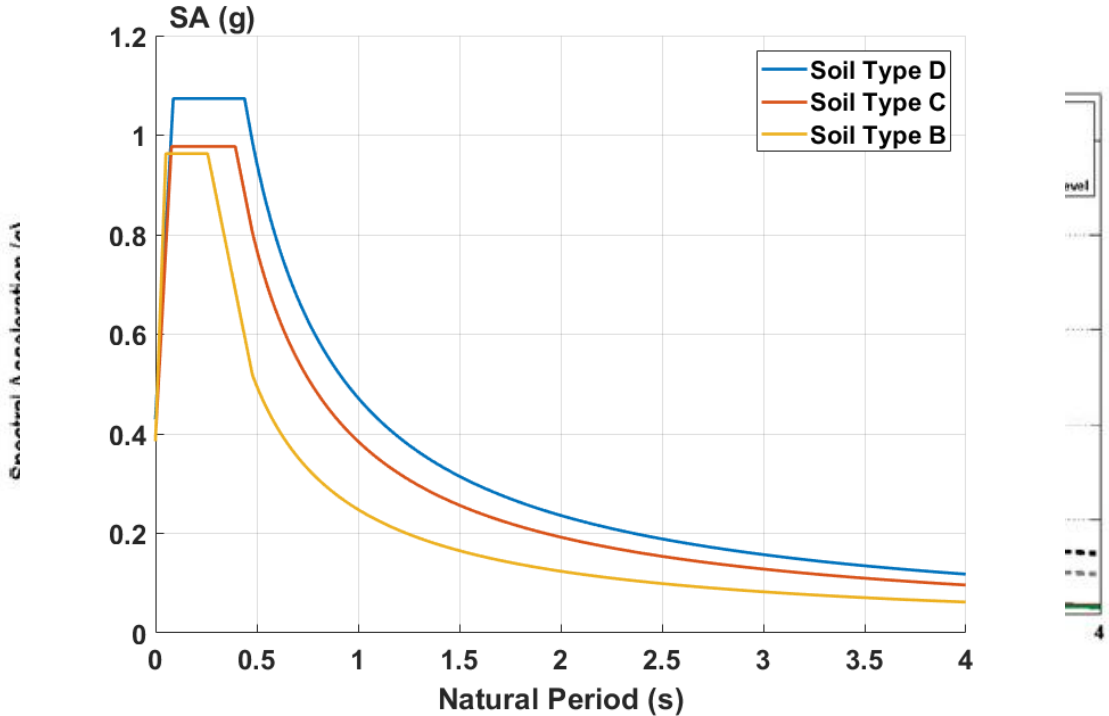
$S_{M1} = Fv \times S_1 = 0.50$

$S_{DS} = 0.70$

$S_{D1} = 0.34$

$T_S = S_{D1}/S_{DS} = 0.48$

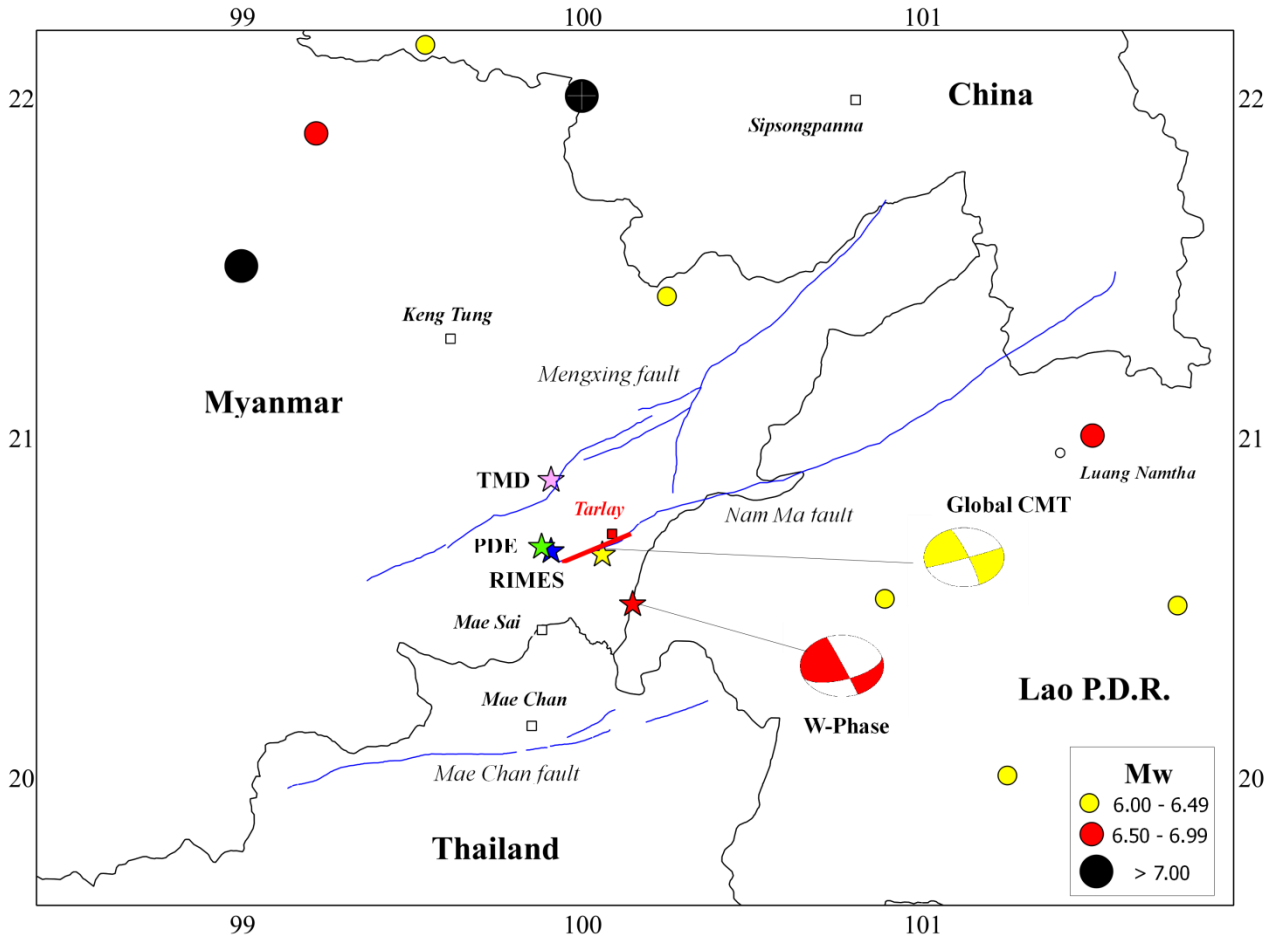




หัวข้อบรรยาย

1. หลักการออกแบบอาคารต้านทานแรงแผ่นดินไหว
2. โมเดลความเสี่ยงแผ่นดินไหวของประเทศไทย
3. การคำนวนสเปกตรัมสำหรับแรงสถิตเทียบเท่า
4. การคำนวนสเปกตรัมสำหรับการตอบสนองแบบโหมด
5. **ตัวอย่างความเสียหายในประเทศไทยจากแผ่นดินไหว**
6. การเลือกพื้นที่ในการออกแบบตาม มยผ 1301/1302-61

Nam Ma fault and its surrounding seismicity (M > 6.0) from 1912 to 2012

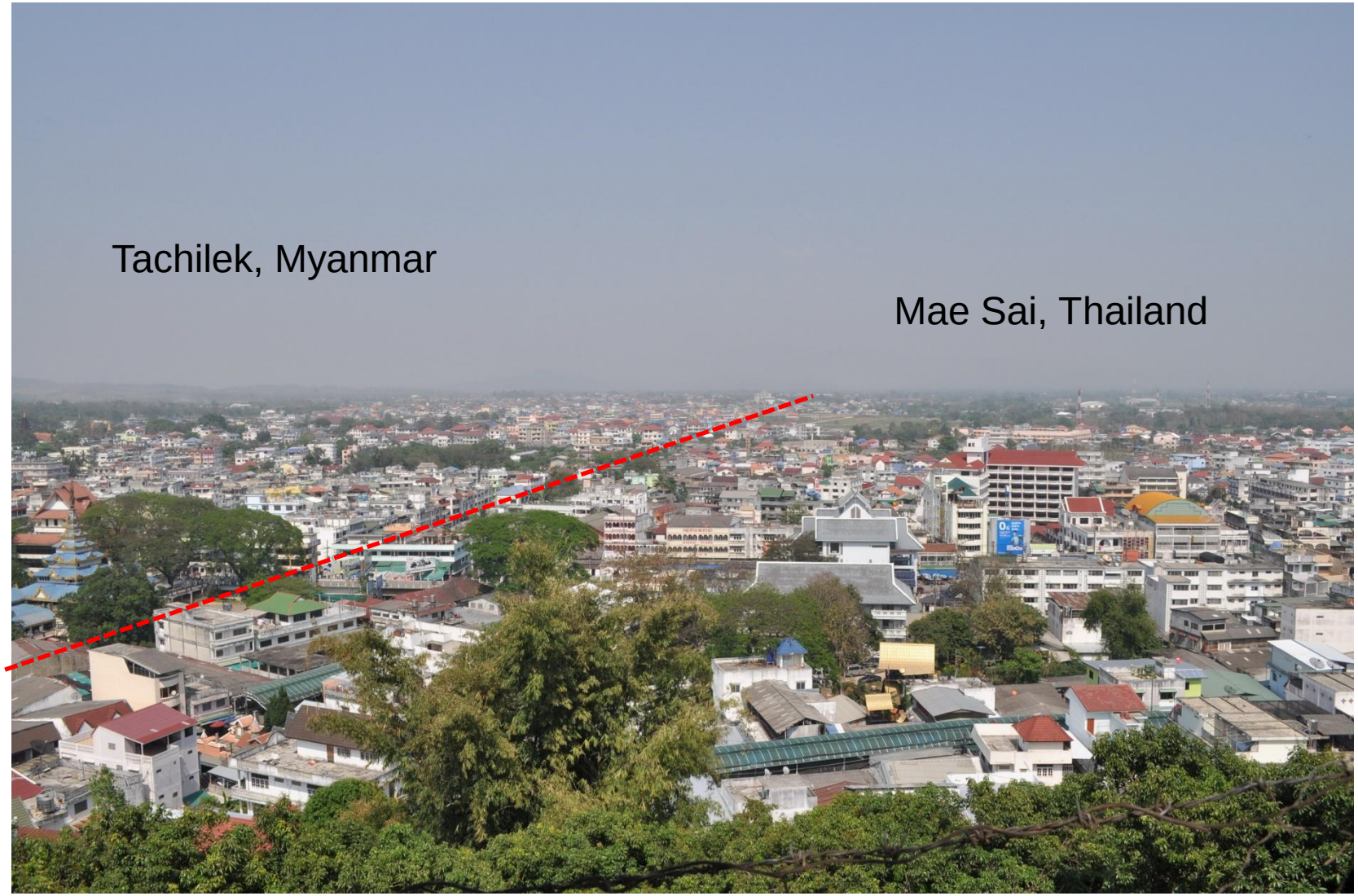


-There is no earthquake magnitude greater than 6.0 from Nam Ma fault for at least the last 100 years

- However sharp deflected river course indicate existing active fault location

- Rupture propagate to Northeast direction in conjunctions with Tarlay and Mong Hpayak

Myanmar – Thailand border on 4 April 2011

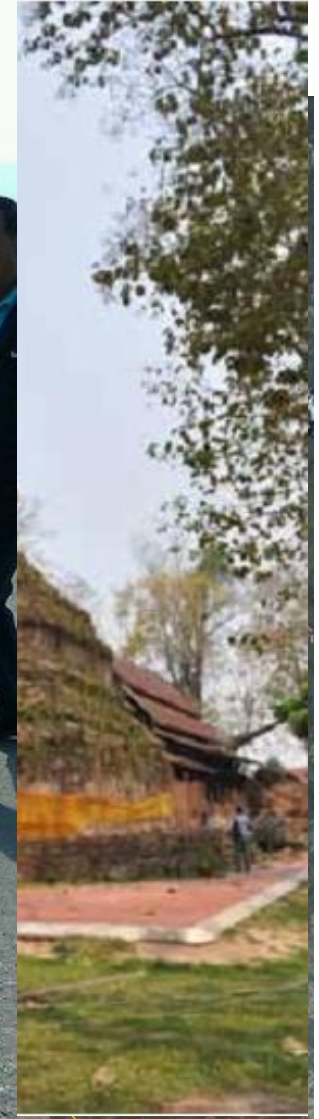


Very limited structural damage cases for local buildings and infrastructures


24 M








ong
CRAI, 0.077g
©2010 Google
Eye alt 73.09 km





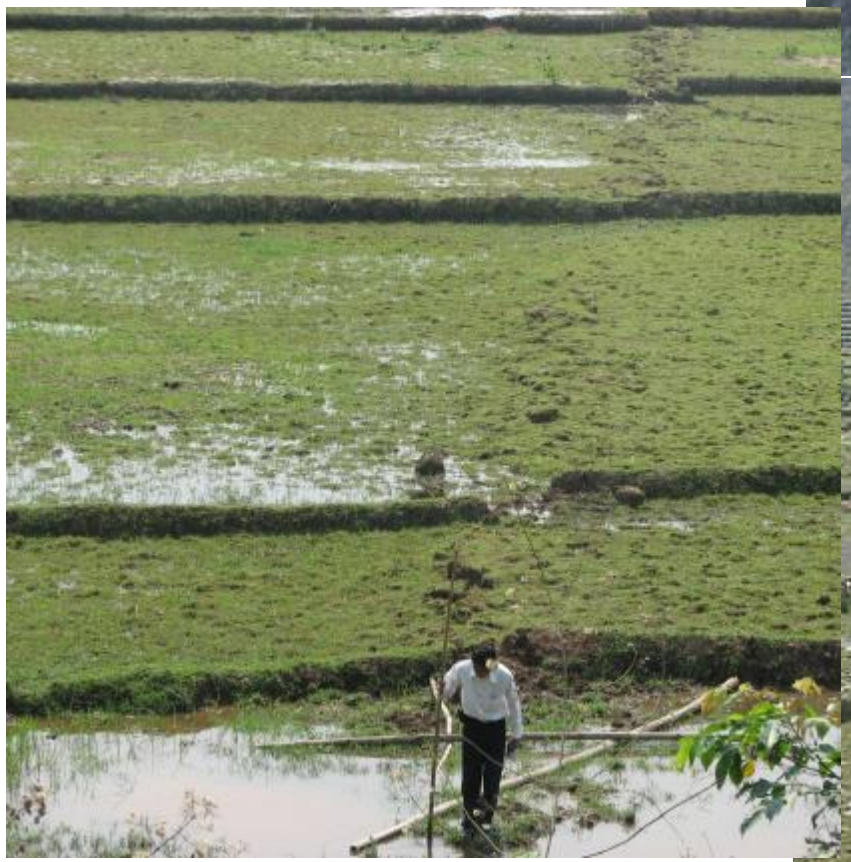




Recent Earthquake (Tarlay Earthquake)

Surface rupture in paddy field







Recent Earthquake
(Tarlay Earthquake)

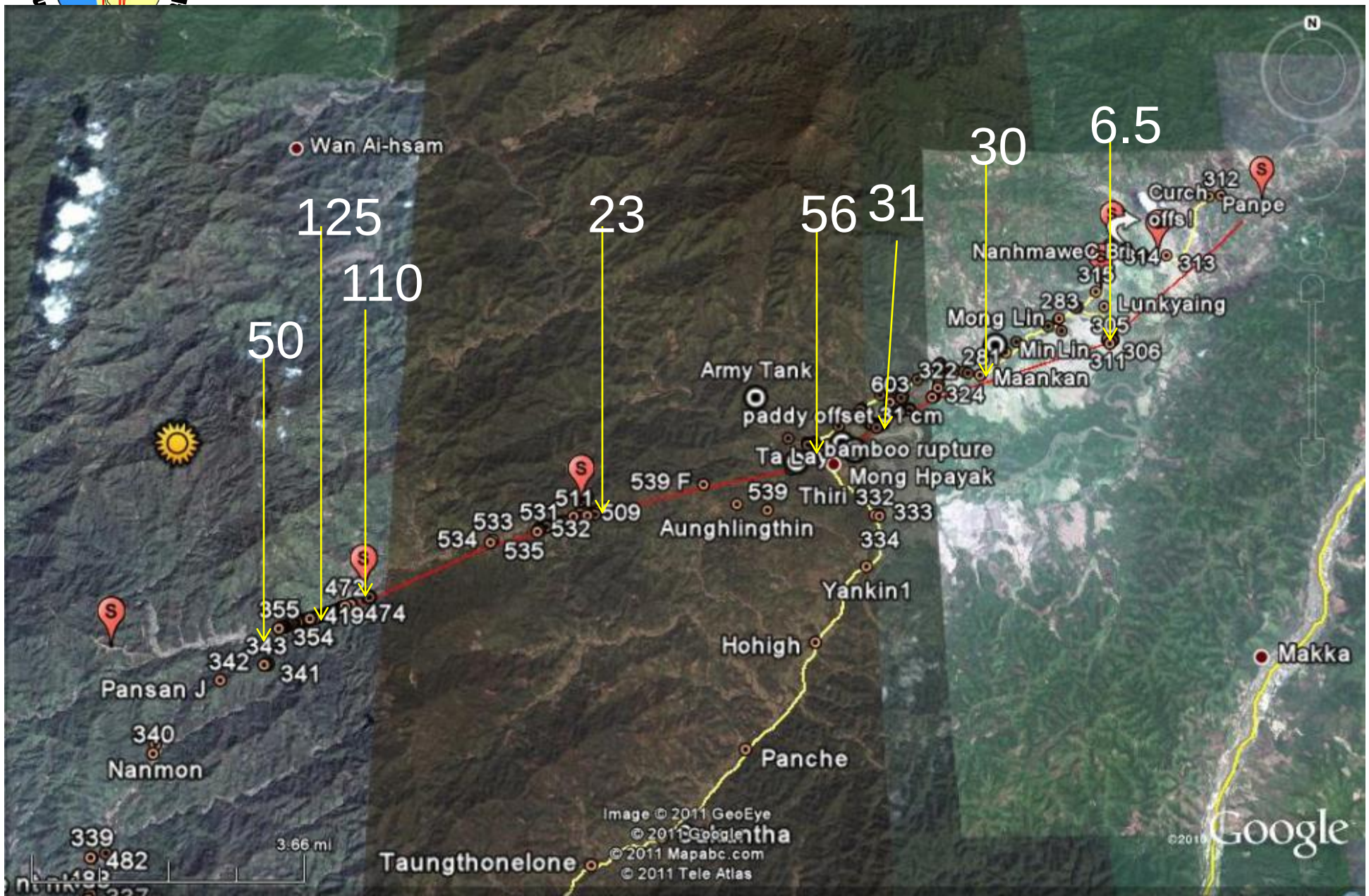
Surface rupture in paddy field







Total length 32 km
Max Offset 125 cm









Bridge Offset (looking N)









Shake Map of 2014 Mae Lao earthquake

Magnitude
6.1

Fault Mechanism
Strike = 65
Rake = 82
Dip = -20

Fault Type
Normal

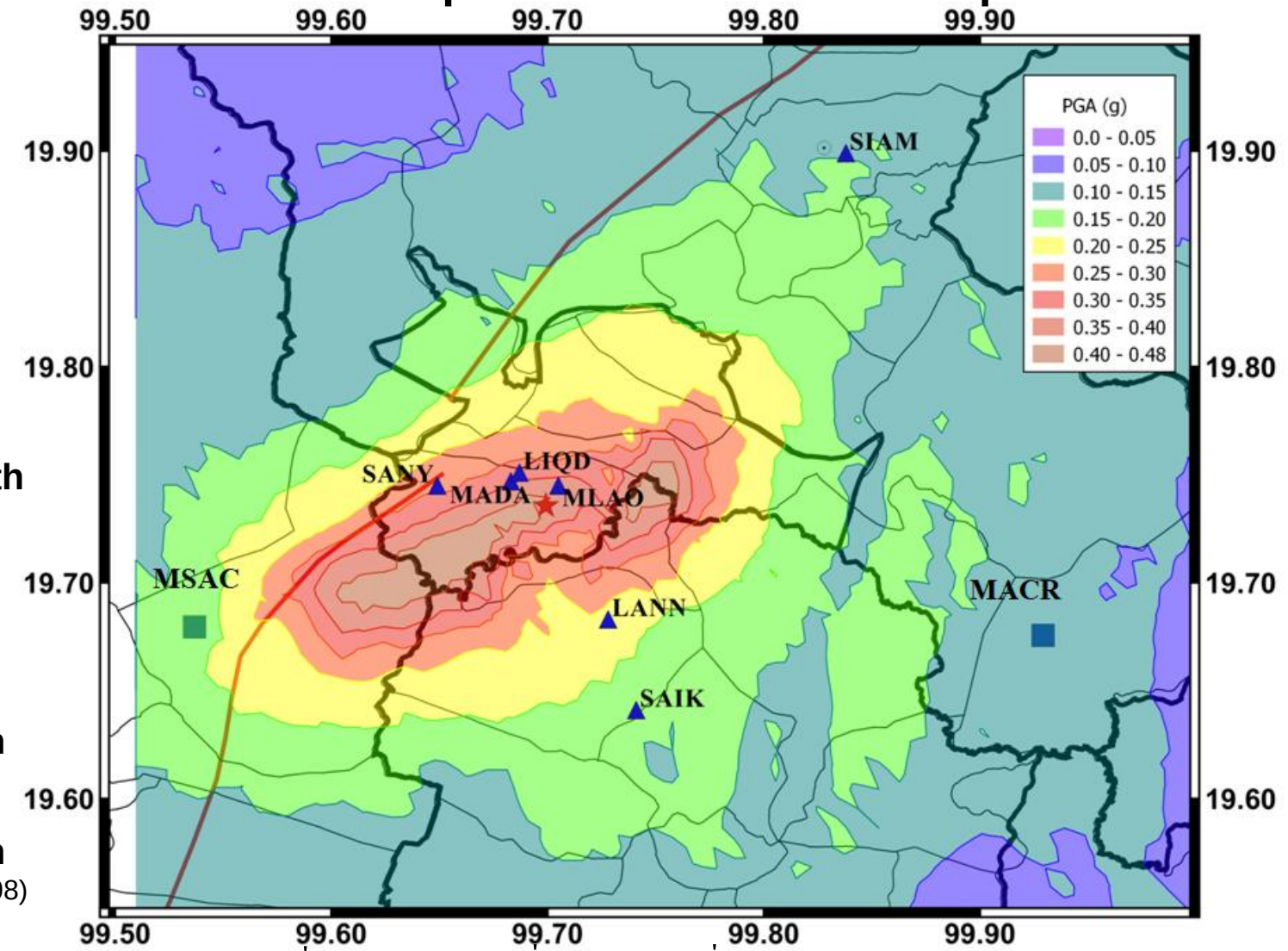
Hypocentral depth

7 km

Fault dimension
10 * 15 km

Site amplification
USGS Global Vs30

Site amplification
Boore and Atkinson (2008)

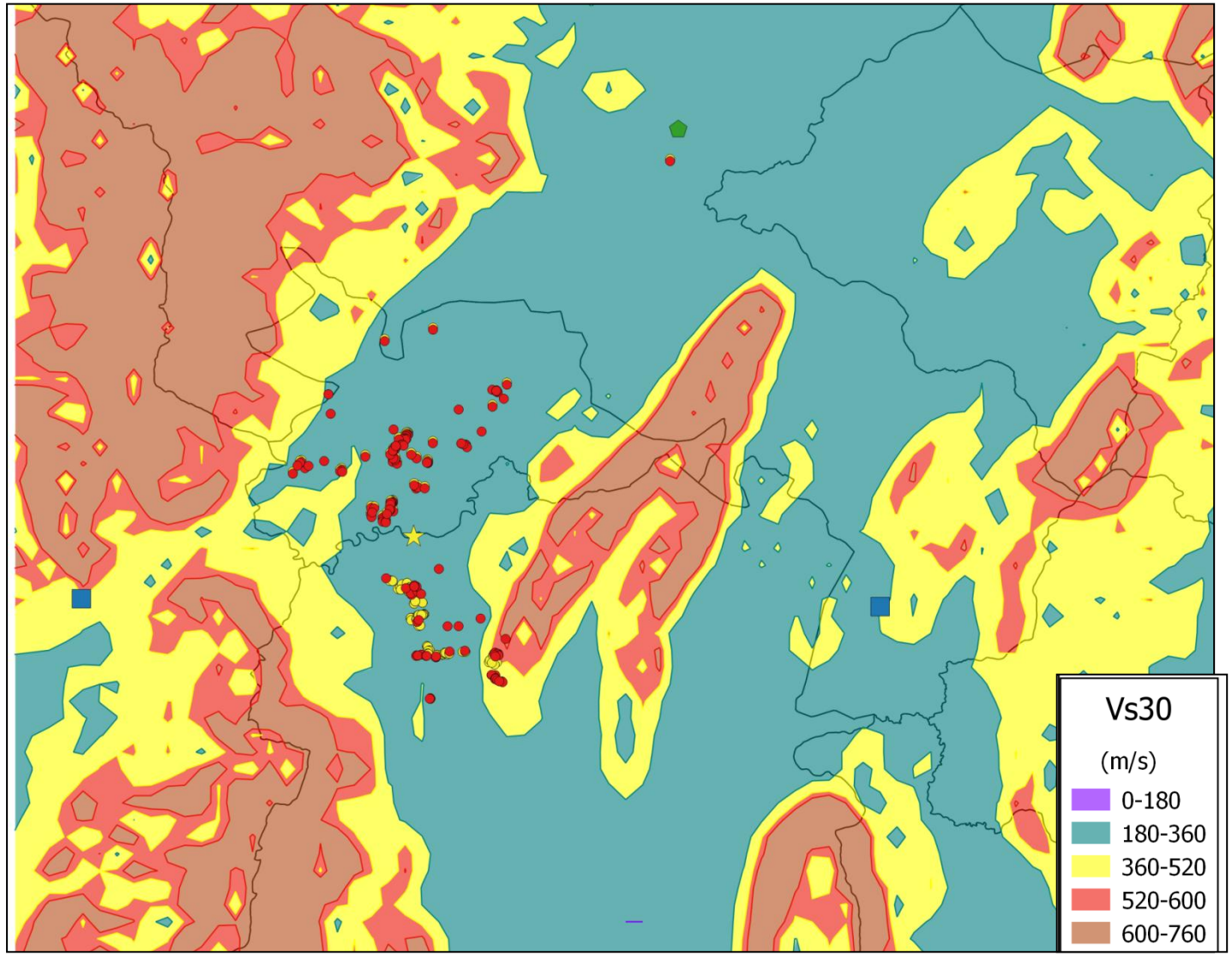


การสั่นสะเทือนรุนแรงที่สุดในบริเวณที่อาคารสีแดงและสีเหลืองจากการทำการสำรวจส่วนใหญ่อยู่ในบริเวณนี้

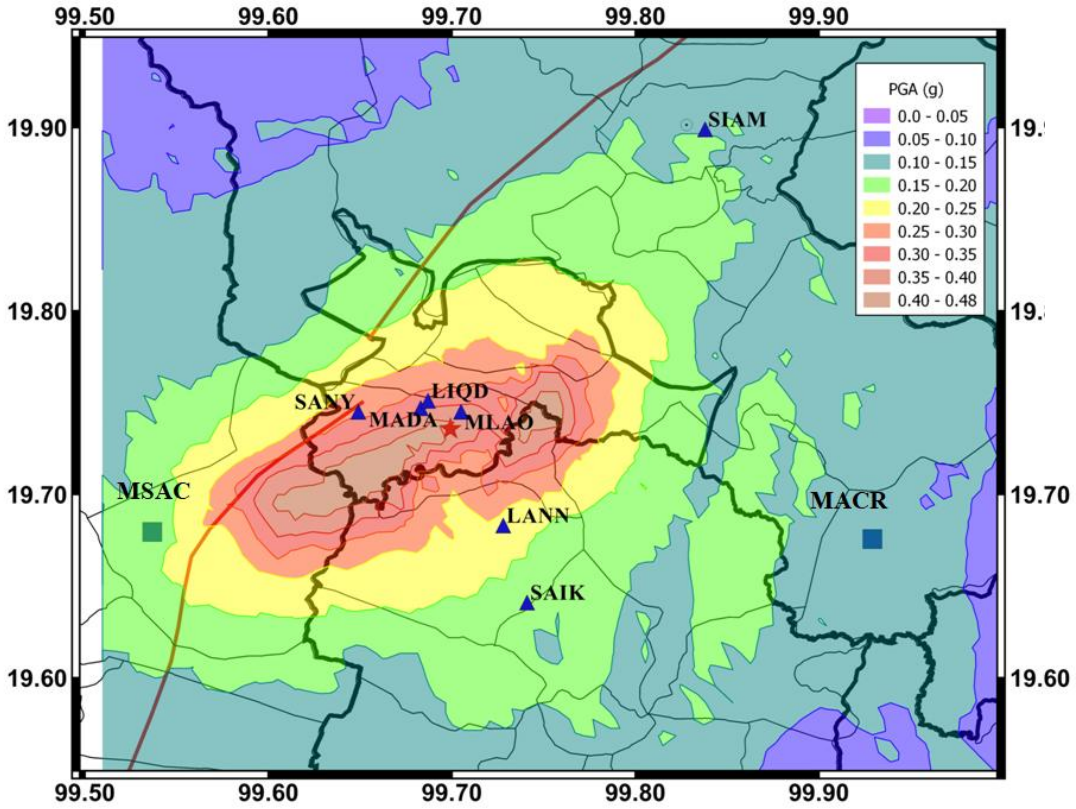
ข้อมูลชั้นดินในบริเวณศูนย์กลางแผ่นดินไหว

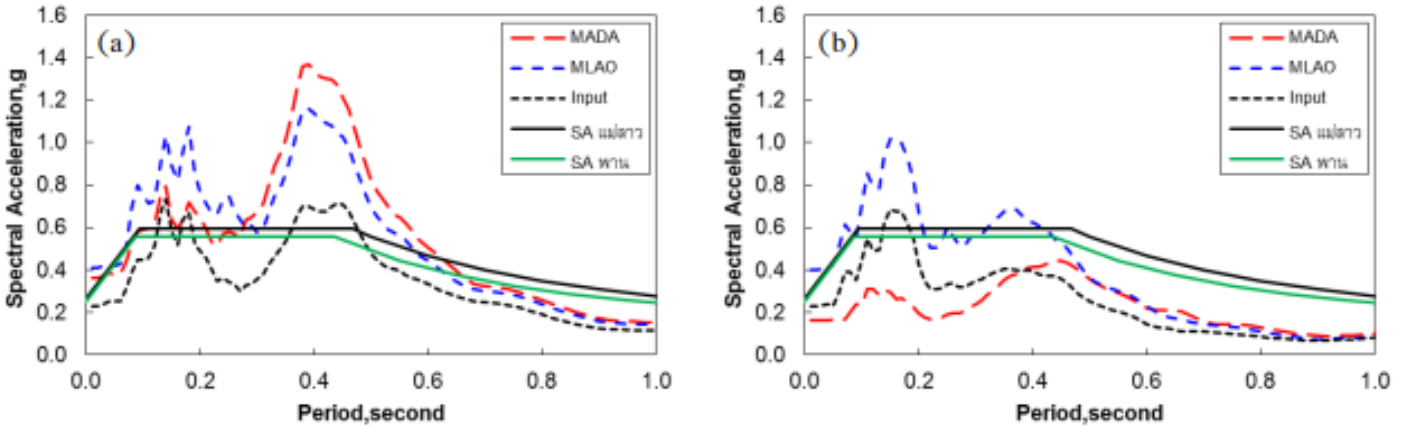
ชั้นดินในบริเวณศูนย์กลางแผ่นดินไหวเป็นดินอ่อน

อาคารสีแดงและสีเหลืองจากการทำการสำรวจส่วนใหญ่อยู่ในบริเวณนี้

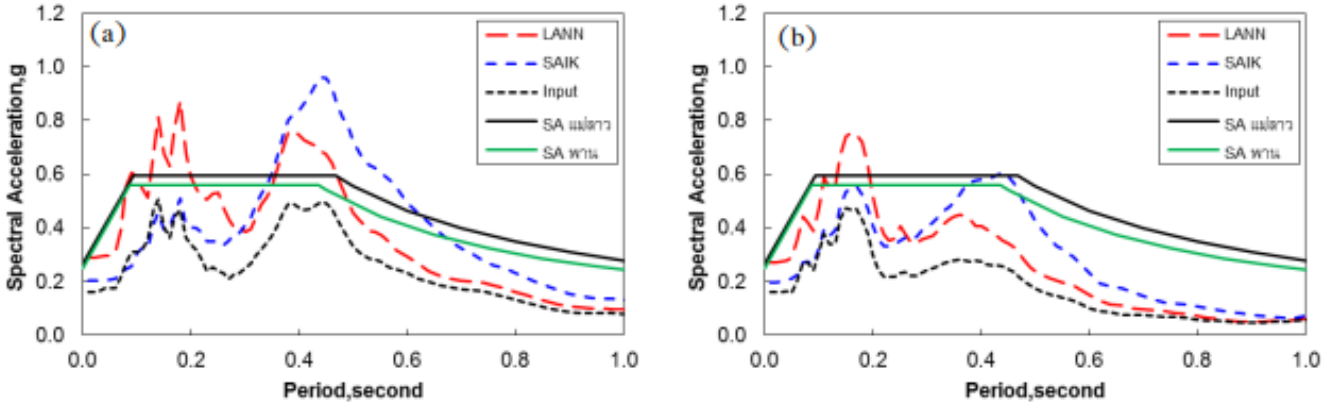


สเปกตรัมแผ่นดินไหว 6.3 วันที่ 5 พฤษภาคม 2557 ที่ อ. แม่ลาว จังหวัดเชียงราย





รูปที่ 7 SA สำหรับบริเวณ MADA และ MLAO; (a) คลื่นในแนว E และ (b) คลื่นในแนว N



รูปที่ 8 SA สำหรับบริเวณ LANN และ SAIK; (a) คลื่นในแนว E และ (b) คลื่นในแนว N

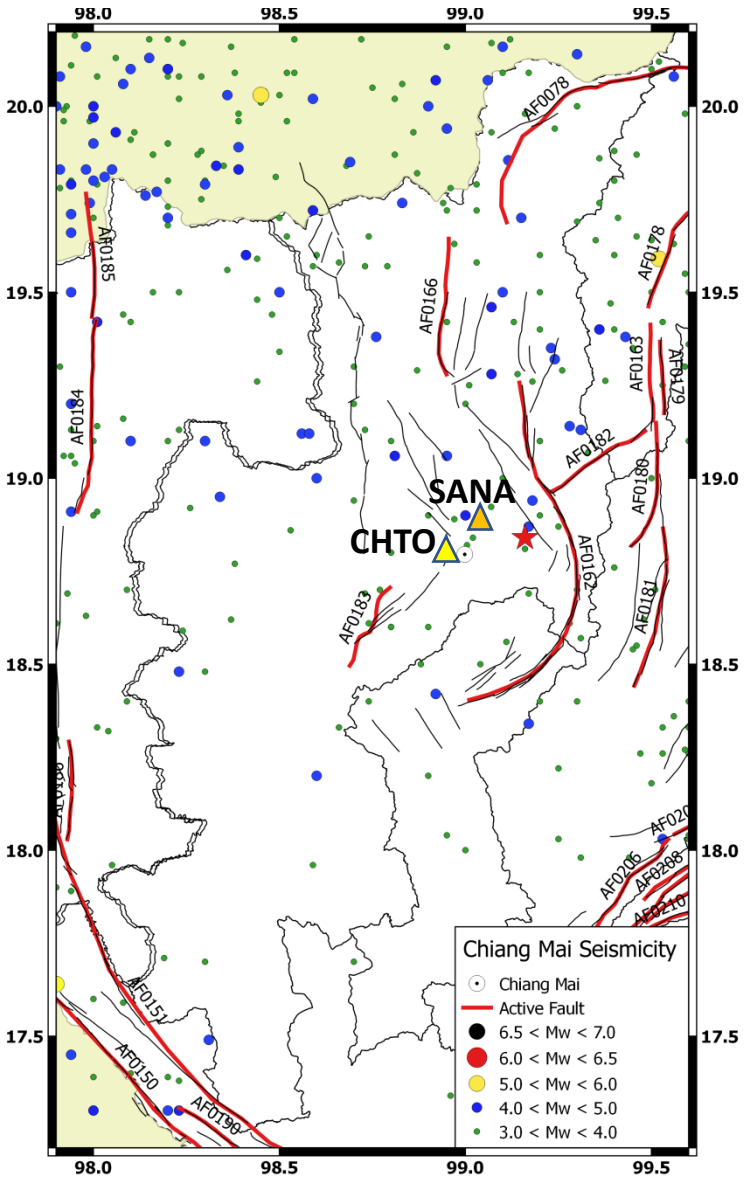
ความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมที่ผิวดิน สำหรับพื้นที่ที่อยู่ภายในรัศมีประมาณ 10 กิโลเมตรจากศูนย์กลางแผ่นดินไหว มีค่ามากกว่า 1.0g มีค่าคาบอิทธิพลหลักอยู่ในช่วง 0.25 ถึง 0.35 วินาที ซึ่งค่า SA ที่ประเมินได้ มีค่าสูงกว่าค่าที่กำหนด สำหรับใช้ออกแบบตามมาตรฐาน มยผ. 1302 ในพื้นที่นี้อย่างมาก และเกิดความเสียหายต่ออาคารจำนวนมาก

แผ่นดินไหว 6.3 วันที่ 5 พฤษภาคม 2557 ที่ อ. แม่ลาว จังหวัดเชียงราย

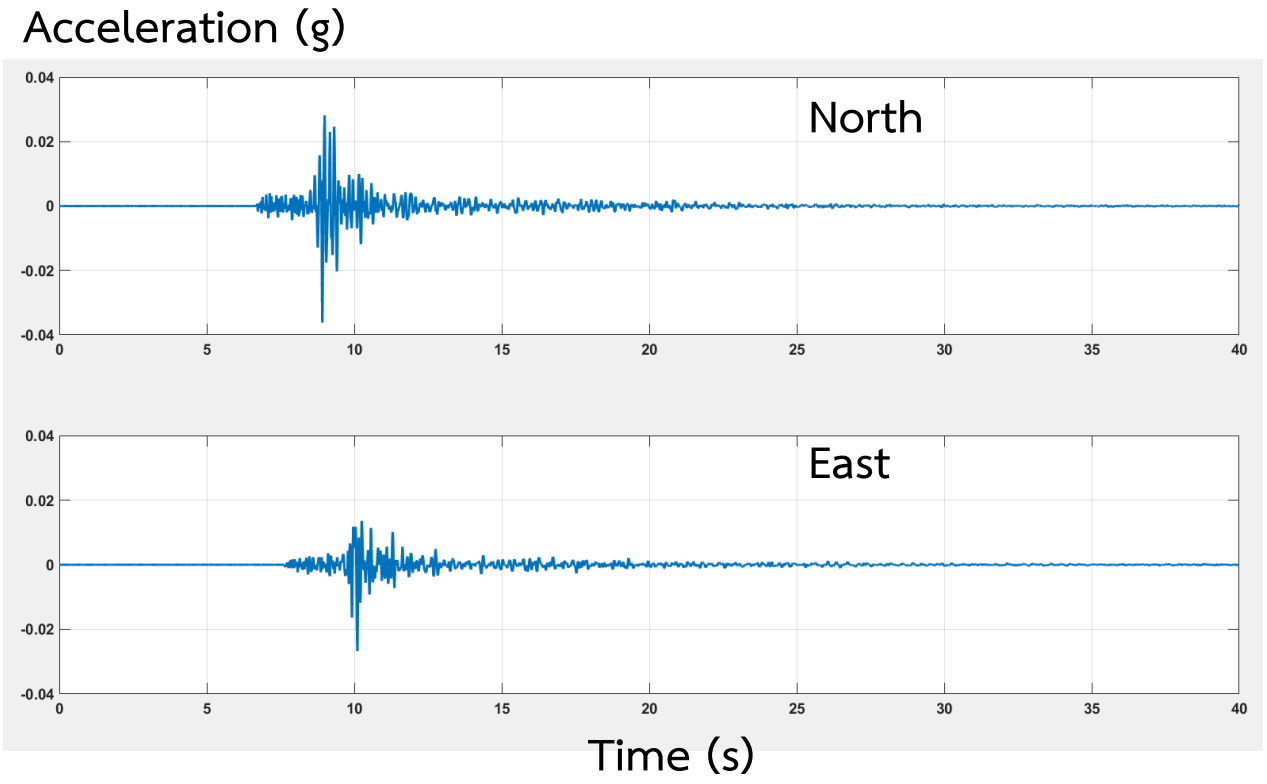




แผ่นดินไหวขนาด 4.2 วันที่ 20 ตุลาคม 2565 ที่ อ. ดอยสะเก็ต จังหวัดเชียงใหม่

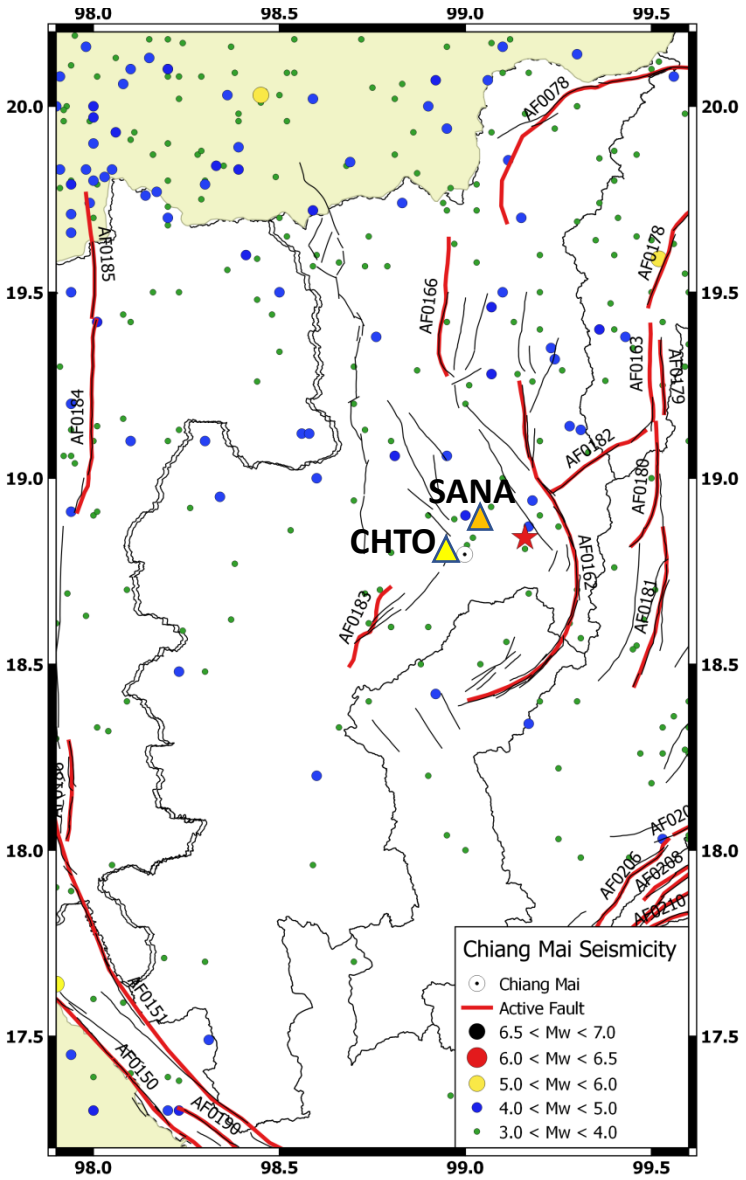


บริเวณอำเภอเมืองจังหวัดเชียงใหม่แผ่นดินไหวขนาดใหญ่กว่า 4.5 เกิดครั้งสุดท้ายเมื่อวันที่ 19 มิถุนายน 2550 แผ่นดินไหวขนาด 4.2 เมื่อวันที่ 20 ตุลาคม 2565 จึงเป็นแผ่นดินไหวที่ใหญ่ที่สุดในแอ่งเชียงใหม่ในรอบประมาณ 16 ปี

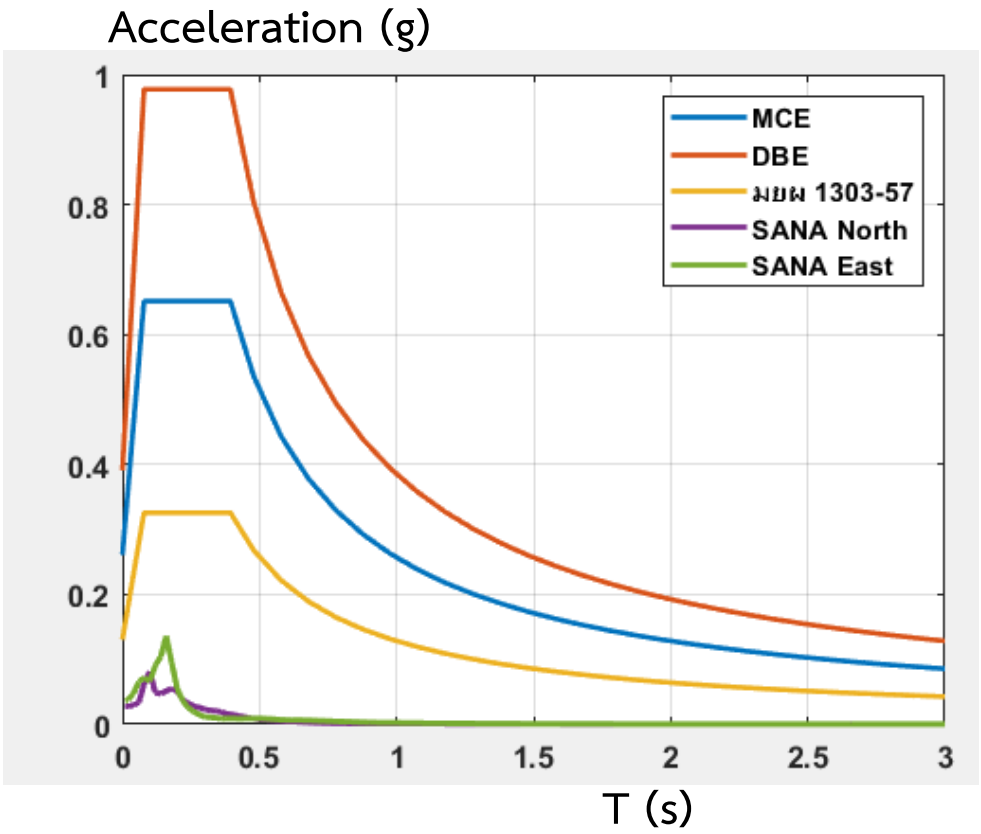


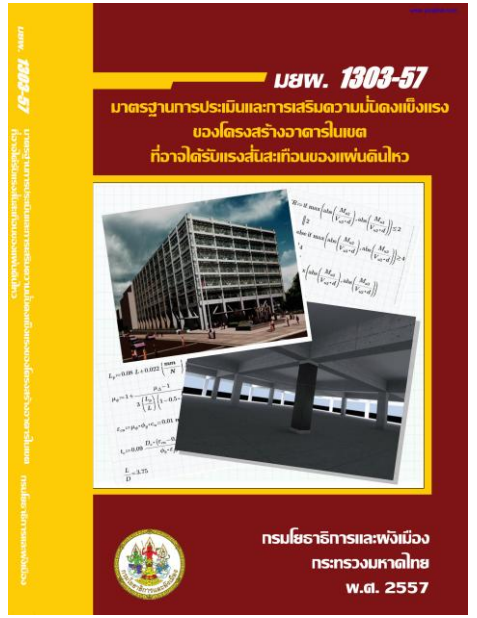
The peak acceleration at SANA station is about 0.03g.

แผ่นดินไหวขนาด 4.2 วันที่ 20 ตุลาคม 2565 ที่ อ. ดอยสะเก็ต จังหวัดเชียงใหม่



บริเวณอำเภอเมืองจังหวัดเชียงใหม่แผ่นดินไหวขนาดใหญ่กว่า 4.5 เกิดครั้งสุดท้ายเมื่อวันที่ 19 มิถุนายน 2550 แผ่นดินไหวขนาด 4.2 เมื่อวันที่ 20 ตุลาคม 2565 จึงเป็นแผ่นดินไหวที่ใหญ่ที่สุดในแอ่งเชียงใหม่ในรอบประมาณ 16 ปี





$$S_{XS} = 0.5 S_{DS}$$

$$S_{X1} = 0.5 S_{D1}$$

สเปกตรัมตอบสนองที่สถานี SANA ต่ำกว่าสเปกตรัม MCE, DBE, และ มยผ 1303-57

หัวข้อบรรยาย

1. หลักการออกแบบอาคารต้านทานแรงแผ่นดินไหว
2. โมเดลความเสี่ยงแผ่นดินไหวของประเทศไทย
3. การคำนวนสเปกตรัมสำหรับแรงสถิตเทียบเท่า
4. การคำนวนสเปกตรัมสำหรับการตอบสนองแบบโหมด
5. ตัวอย่างความเสียหายในประเทศไทยจากแผ่นดินไหว
6. **การเลือกพื้นที่ในการออกแบบตาม มยผ 1301/1302-61**

ตารางที่ 1.6-1 การแบ่งประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหวโดยพิจารณาจากค่า S_{DS}

ค่า S_{DS}	ประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหว		
	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 การแบ่งประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหวโดยพิจารณาจากค่า S_{D1}

ค่า S_{D1}	ประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหว		
	ประเภทความสำคัญ I หรือ II	ประเภทความสำคัญ III	ประเภทความสำคัญ IV
$S_{D1} < 0.067$	ก (ไม่ต้องออกแบบ)	ก (ไม่ต้องออกแบบ)	ก (ไม่ต้องออกแบบ)
$0.067 \leq S_{D1} < 0.133$	ข	ข	ค
$0.133 \leq S_{D1} < 0.20$	ค	ค	ง
$0.20 \leq S_{D1}$	ง	ง	ง

1.6 ประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหว

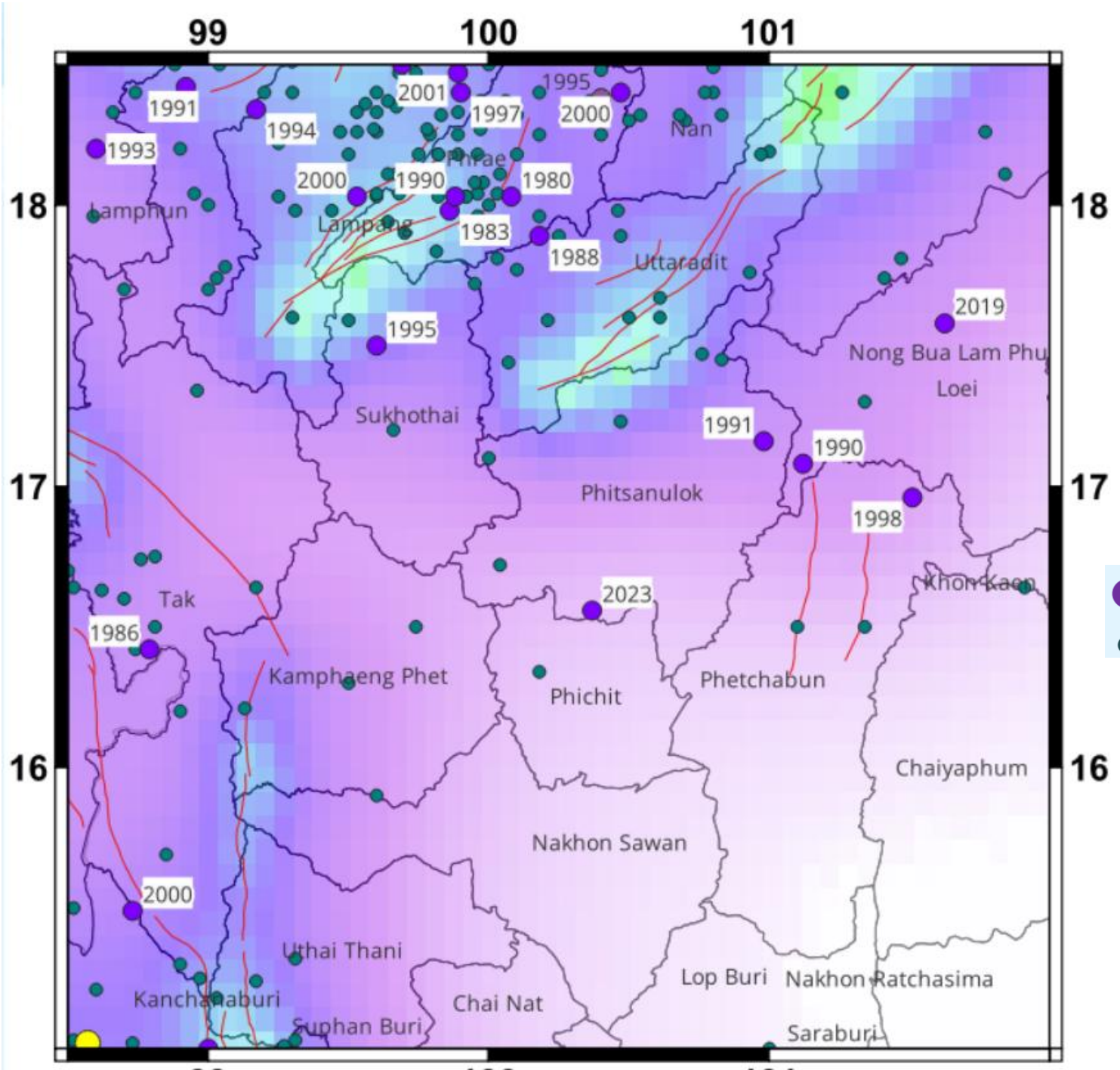
มาตรฐานนี้ได้กำหนดให้มีการแบ่งประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหวออกเป็น 4 ประเภท คือ ประเภท ก ข ค และ ง โดยเริ่มจากระดับที่ไม่จำเป็นต้องออกแบบแรงสำหรับต้านทานแผ่นดินไหว (ประเภท ก) ไปจนถึง ระดับที่ต้องออกแบบอย่างเข้มงวดที่สุด (ประเภท ง) การกำหนดประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหวจะพิจารณาจากประเภทความสำคัญของอาคาร (ตารางที่ 1.5-1) และความรุนแรงของแผ่นดินไหว ณ ที่ตั้งอาคาร ซึ่งแสดงโดยค่า S_{DS} และ S_{D1} (หัวข้อที่ 1.4.4) โดยใช้เกณฑ์ที่กำหนดไว้ในตารางที่ 1.6-1 และ 1.6-2 การแบ่งประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหวโดยพิจารณาจากค่า S_{DS} และ S_{D1} นี้ กำหนดให้พิจารณาอัตราส่วนความหน่วงเท่ากับร้อยละ 5 สำหรับอาคารทุกประเภท

สำหรับพื้นที่ทั่วประเทศยกเว้นแอ่งกรุงเทพ หากประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหวที่กำหนดตามเกณฑ์ในตารางที่ 1.6-1 แตกต่างจากที่กำหนดตามเกณฑ์ในตารางที่ 1.6-2 ให้ยึดถือประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหวที่เข้มงวดกว่า แต่ในกรณีที่คาบการสั่นพื้นฐานของอาคาร (T) ที่คำนวณโดยใช้สมการ 3.3-1 หรือ 3.3-2 มีค่าน้อยกว่า $0.8T_s$ โดยที่ T_s มีค่าเป็นไปตามที่กำหนดในหัวข้อที่ 1.4.5 อนุญาตให้กำหนดประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหวโดยใช้เฉพาะเกณฑ์ในตารางที่ 1.6-1 เท่านั้น

คาบการสั่นพื้นฐาน (หน่วยเป็นวินาที) สามารถคำนวณจากสูตรการประมาณค่าดังนี้

อาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก $T = 0.02H$ (3.3-1)

อาคารโครงสร้างเหล็ก $T = 0.03H$ (3.3-2)



จังหวัด	อำเภอ	ค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัม	
		S_s	S_1
พิษณุโลก	ชาติตระการ	0.418	0.096
	นครไทย	0.291	0.070
	เนินมะปราง	0.125	0.051
	บางกระทุ่ม	0.140	0.057
	บางระกำ	0.268	0.080
	พรหมพิราม	0.415	0.104
	เมืองพิษณุโลก	0.249	0.074
	วังทอง	0.225	0.068
	วัดโบสถ์	0.368	0.091

$S_s = 0.140$
$S_1 = 0.057$
$F_a = 1.6$
$F_v = 2.4$
$S_{MS} = Fa \times S_S = 0.224$
$S_{M1} = Fv \times S_1 = 0.137$
$S_{DS} = 0.149$
$S_{D1} = 0.091$
$T_S = S_{D1}/S_{DS} = 0.61$

จังหวัด	อำเภอ	ค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัม	
		S_S	S_1
พิษณุโลก	ชาติตระการ	0.418	0.096
	นครไทย	0.291	0.070
	เนินมะปราง	0.125	0.051
	บางกระทุ่ม	0.140	0.057
	บางระกำ	0.268	0.080
	พรหมพิราม	0.415	0.104
	เมืองพิษณุโลก	0.249	0.074
	วังทอง	0.225	0.068
	วัดโบสถ์	0.368	0.091

$S_s = 0.140$
$S_1 = 0.057$
$F_a = 1.6$
$F_v = 2.4$
$S_{MS} = Fa \times S_S = 0.224$
$S_{M1} = Fv \times S_1 = 0.137$
$S_{DS} = 0.149$
$S_{D1} = 0.091$
$T_S = S_{D1}/S_{DS} = 0.61$

อาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก 3 ชั้น ความสูง 12 เมตร
อ. บางกระทุ่ม จ. พิษณุโลก

T = 0.02x12 = 0.24s (Soil Type D)

สำหรับพื้นที่ทั่วประเทศยกเว้นแอ่งกรุงเทพ หากประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหวที่กำหนดตามเกณฑ์ในตารางที่ 1.6-1 แตกต่างจากที่กำหนดตามเกณฑ์ในตารางที่ 1.6-2 ให้ยึดถือประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหวที่เข้มงวดกว่า แต่ในกรณีที่คาบการสั่นพื้นฐานของอาคาร (T) ที่คำนวณโดยใช้สมการ 3.3-1 หรือ 3.3-2 มีค่าน้อยกว่า $0.8T_s$ โดยที่ T_s มีค่าเป็นไปตามที่กำหนดในหัวข้อที่ 1.4.5 อนุญาตให้กำหนดประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหวโดยใช้เฉพาะเกณฑ์ในตารางที่ 1.6-1 เท่านั้น

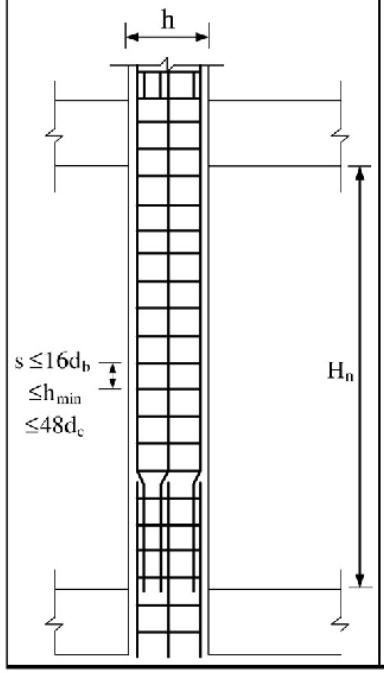
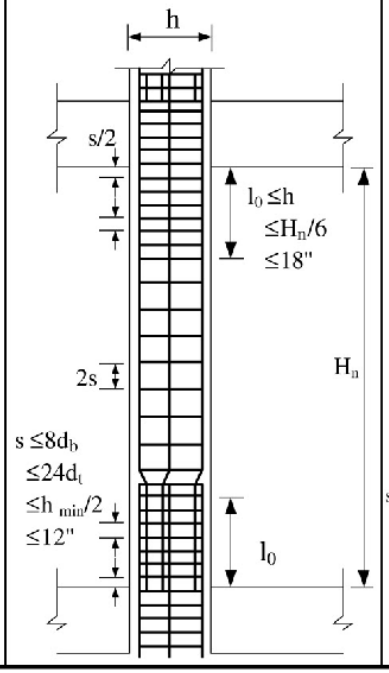
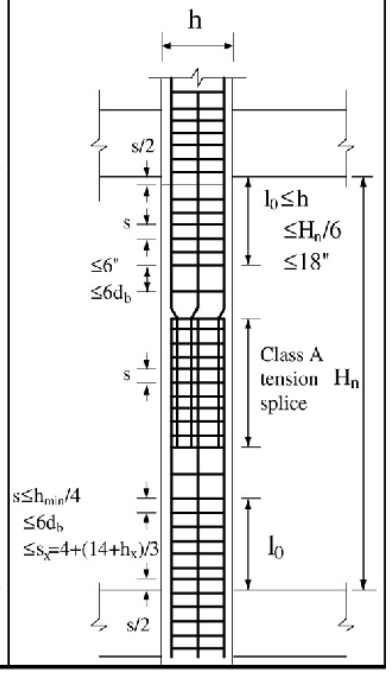
ตารางที่ 1.6-1 การแบ่งประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหวโดยพิจารณาจากค่า S_{DS}

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

ตารางที่ 1.6-2 การแบ่งประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหวโดยพิจารณาจากค่า S_{D1}

ค่า S_{D1}	ประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหว		
	ประเภทความสำคัญ I หรือ II	ประเภทความสำคัญ III	ประเภทความสำคัญ IV
$S_{D1} < 0.067$	ก (ไม่ต้องออกแบบ)	ก (ไม่ต้องออกแบบ)	ก (ไม่ต้องออกแบบ)
$0.067 \le S_{D1} < 0.133$	ข	ข	ค
$0.133 \le S_{D1} < 0.20$	ค	ค	ง
$0.20 \le S_{D1}$	ง	ง	ง

ระบบโครงสร้างโดยรวม	ระบบต้านแรงด้านข้าง	ค่าตัวประกอบ			ประเภทการออกแบบต้านทานแรงแผ่นดินไหว		
		R	Ω_0	C_d	ข	ค	ง
3. ระบบโครงต้านแรงดัด (Moment Resisting Frame)	โครงต้านแรงดัดเหล็กที่มีความเหนียวพิเศษ (Ductile/Special Steel Moment-Resisting Frame)	8	3	5.5	√	√	√
	โครงถักต้านแรงดัดที่มีการให้รายละเอียดความเหนียวเป็นพิเศษ (Special Truss Moment Frame)	7	3	5.5	√	√	√
	โครงต้านแรงดัดเหล็กที่มีความเหนียวปานกลาง (Intermediate Steel Moment Resisting Frame)	4.5	3	4	√	√	*
	โครงต้านแรงดัดเหล็กธรรมดา (Ordinary Steel Moment Resisting Frame)	3.5	3	3	√	√	X
	โครงต้านแรงดัดคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีความเหนียวพิเศษ (แบบหล่อในที่ หรือ แบบหล่อสำเร็จ) (Precast or Cast-in-Place Ductile/Special Reinforced Concrete Moment Resisting Frame) ++	8	3	5.5	√	√	√
	โครงต้านแรงดัดคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีความเหนียวปานกลางหรือความเหนียวจำกัด (Ductile RC Moment-Resisting Frame with Limited Ductility/ Intermediate RC Moment-Resisting Frame)	5	3	4.5	√	√	*
	โครงต้านแรงดัดคอนกรีตเสริมเหล็กแบบธรรมดา (Ordinary Reinforced Concrete Moment Resisting Frame)	3	3	2.5	√	X	X

Ordinary Moment Resisting Concrete Frame	Intermediate Moment Resisting Concrete Frame	Special Moment Resisting Concrete Frame
		

d_b, d_t : diameter of longitudinal and transverse bars, s: spacing of lateral bars, h_{min} : minimum dimension of column, s_x :longitudinal spacing of transverse bars within l_o

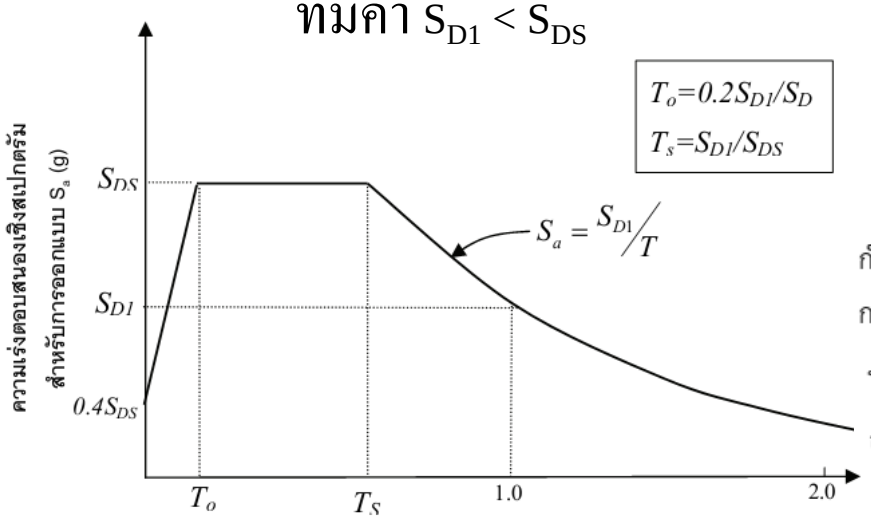
หมายเหตุ √ = ใช้ได้ x = ห้ามใช้ * = ดูหัวข้อ 2.3.1.2 ++ = ดูหัวข้อ 2.3.1.3

อาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก 3 ชั้น ความสูง 12 เมตร

อ. เวียงเชียงรุ้ง จ. เชียงราย

T = 0.02x12 = 0.24s (Soil Type D)

ที่มีค่า $S_{D1} < S_{DS}$



$S_s = 0.93$

$S_1 = 0.27$

$F_a = 1.12$

$F_v = 1.85$

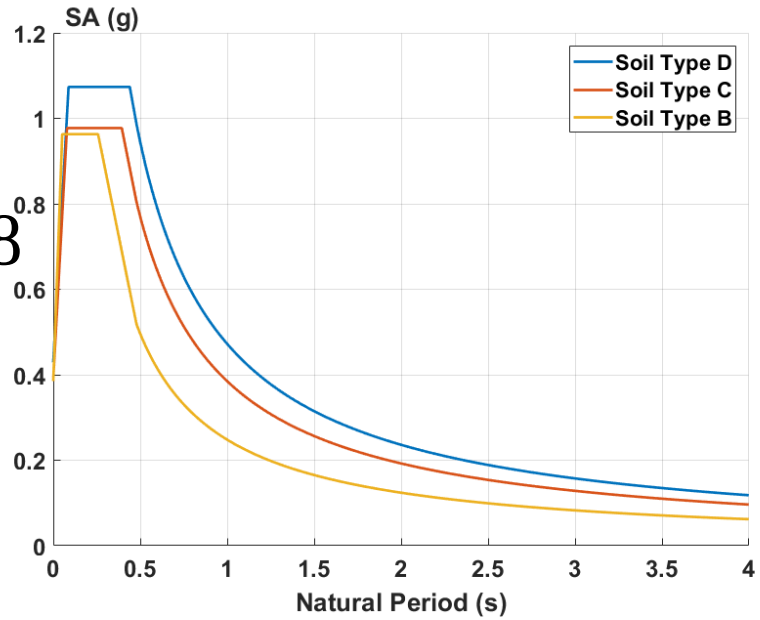
$S_{MS} = Fa \times S_S = 1.05$

$S_{M1} = Fv \times S_1 = 0.50$

$S_{DS} = 0.70$

$S_{D1} = 0.34$

$T_S = S_{D1}/S_{DS} = 0.48$



สำหรับพื้นที่ทั่วประเทศยกเว้นแอ่งกรุงเทพ หากประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหวที่กำหนดตามเกณฑ์ในตารางที่ 1.6-1 แตกต่างจากที่กำหนดตามเกณฑ์ในตารางที่ 1.6-2 ให้ยึดถือประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหวที่เข้มงวดกว่า แต่ในกรณีที่คาบการสั่นพื้นฐานของอาคาร (T) ที่คำนวณโดยใช้สมการ 3.3-1 หรือ 3.3-2 มีค่าน้อยกว่า $0.8T_s$ โดยที่ T_s มีค่าเป็นไปตามที่กำหนดในหัวข้อที่ 1.4.5 อนุญาตให้กำหนดประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหวโดยใช้เฉพาะเกณฑ์ในตารางที่ 1.6-1 เท่านั้น

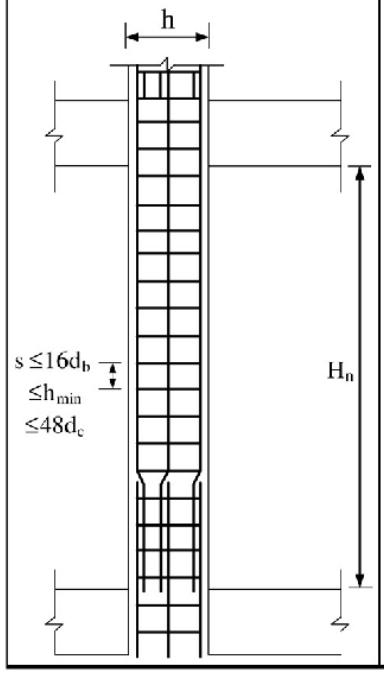
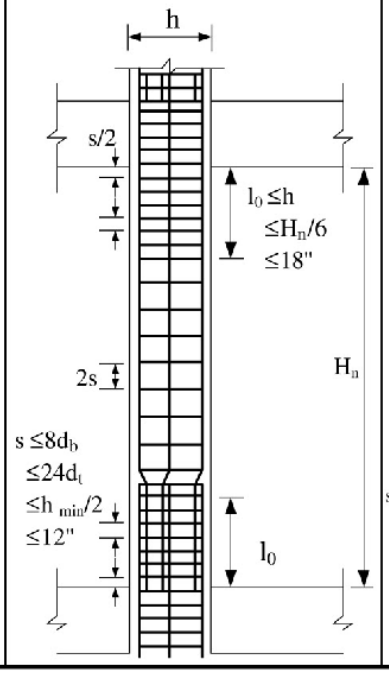
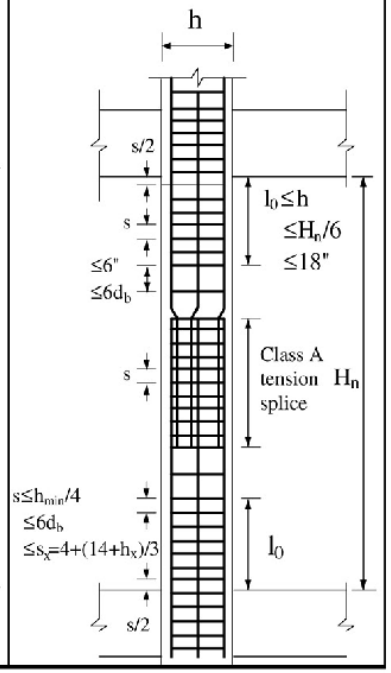
ตารางที่ 1.6-1 การแบ่งประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหวโดยพิจารณาจากค่า S_{DS}

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

ตารางที่ 1.6-2 การแบ่งประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหวโดยพิจารณาจากค่า S_{D1}

ค่า S_{D1}	ประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหว		
	ประเภทความสำคัญ I หรือ II	ประเภทความสำคัญ III	ประเภทความสำคัญ IV
$S_{D1} < 0.067$	ก (ไม่ต้องออกแบบ)	ก (ไม่ต้องออกแบบ)	ก (ไม่ต้องออกแบบ)
$0.067 \le S_{D1} < 0.133$	ข	ข	ค
$0.133 \le S_{D1} < 0.20$	ค	ค	ง
$0.20 \le S_{D1}$	ง	ง	ง

ระบบโครงสร้างโดยรวม	ระบบต้านแรงด้านข้าง	ค่าตัวประกอบ			ประเภทการออกแบบต้านทานแรงแผ่นดินไหว		
		R	Ω_0	C_d	ข	ค	ง
3. ระบบโครงต้านแรงดัด (Moment Resisting Frame)	โครงต้านแรงดัดเหล็กที่มีความเหนียวพิเศษ (Ductile/Special Steel Moment-Resisting Frame)	8	3	5.5	√	√	√
	โครงถักต้านแรงดัดที่มีการให้รายละเอียดความเหนียวเป็นพิเศษ (Special Truss Moment Frame)	7	3	5.5	√	√	√
	โครงต้านแรงดัดเหล็กที่มีความเหนียวปานกลาง (Intermediate Steel Moment Resisting Frame)	4.5	3	4	√	√	*
	โครงต้านแรงดัดเหล็กธรรมดา (Ordinary Steel Moment Resisting Frame)	3.5	3	3	√	√	X
	โครงต้านแรงดัดคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีความเหนียวพิเศษ (แบบหล่อในที่ หรือ แบบหล่อสำเร็จ) (Precast or Cast-in-Place Ductile/Special Reinforced Concrete Moment Resisting Frame) ++	8	3	5.5	√	√	√
	โครงต้านแรงดัดคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีความเหนียวปานกลางหรือความเหนียวจำกัด (Ductile RC Moment-Resisting Frame with Limited Ductility/ Intermediate RC Moment-Resisting Frame)	5	3	4.5	√	√	*
	โครงต้านแรงดัดคอนกรีตเสริมเหล็กแบบธรรมดา (Ordinary Reinforced Concrete Moment Resisting Frame)	3	3	2.5	√	X	X

Ordinary Moment Resisting Concrete Frame	Intermediate Moment Resisting Concrete Frame	Special Moment Resisting Concrete Frame
		

d_b, d_t : diameter of longitudinal and transverse bars, s: spacing of lateral bars, h_{min} : minimum dimension of column, s_x :longitudinal spacing of transverse bars within l_o

หมายเหตุ √ = ใช้ได้ x = ห้ามใช้ * = ดูหัวข้อ 2.3.1.2 ++ = ดูหัวข้อ 2.3.1.3

ตารางที่ 1.5-1 การจำแนกประเภทความสำคัญของอาคาร และค่าตัวประกอบความสำคัญของอาคาร

ประเภทของอาคาร	ประเภทความสำคัญ	ตัวประกอบความสำคัญ
อาคารและโครงสร้างอื่น ๆ ที่มีปัจจัยเสี่ยงอันตรายต่อชีวิตมนุษย์ค่อนข้างน้อยเมื่อเกิดการพังทลายของอาคารหรือส่วนโครงสร้างนั้น ๆ เช่น - อาคารที่เกี่ยวข้องกับการเกษตร - อาคารชั่วคราว - อาคารเก็บของเล็ก ๆ ซึ่งไม่มีความสำคัญ	I (น้อย)	1.0
อาคารและโครงสร้างอื่น ๆ ที่ไม่จัดอยู่ในอาคารประเภท ความสำคัญ น้อย มาก และสูง มาก	II (ปกติ)	1.0
อาคารและโครงสร้างอื่น ๆ ที่หากเกิดการพังทลาย จะเป็นอันตรายต่อชีวิตมนุษย์และสาธารณชนอย่างมาก เช่น - อาคารที่เป็นที่ชุมนุมในพื้นที่หนึ่ง ๆ มากกว่า 300 คน - โรงเรียนประถมหรือมัธยมศึกษาที่มีความจุมากกว่า 250 คน - มหาวิทยาลัยหรือวิทยาลัย ที่มีความจุมากกว่า 500 คน - สถานรักษาพยาบาลที่มีความจุคนไข้มากกว่า 50 คน แต่ไม่สามารถทำการรักษากรณีฉุกเฉินได้ - เรือนจำและสถานกักกันนักโทษ	III (มาก)	1.25
อาคารและโครงสร้างที่มีความสำคัญต่อความเป็นอยู่ของสาธารณชน หรือ อาคารที่จำเป็นต่อการบรรเทาภัยหลังเกิดเหตุ เช่น - โรงพยาบาลที่สามารถทำการรักษากรณีฉุกเฉินได้ - สถานีตำรวจ สถานีดับเพลิง และโรงเก็บรถฉุกเฉินต่าง ๆ - โรงไฟฟ้า - โรงผลิตน้ำประปา ถังเก็บน้ำ และสถานีสูบจ่ายน้ำที่มีความดันสูงสำหรับการดับเพลิง - อาคารศูนย์สื่อสาร - อาคารศูนย์บรรเทาสาธารณภัย - ท่าอากาศยาน ศูนย์บังคับการบิน และโรงเก็บเครื่องบิน ที่ต้องใช้เมื่อเกิดกรณีฉุกเฉิน - อาคารศูนย์บัญชาการแห่งชาติ อาคารและโครงสร้างในส่วนของการผลิต การจัดการ การจัดเก็บ หรือการใช้สารพิษ เชื้อเพลิง หรือสารเคมีอันอาจก่อให้เกิดการระเบิดขึ้นได้	IV (สูงมาก)	1.5

ตาร... ...ท่าสำหรับ

โซน	S_a (6.0 s)
1	0.022
2	0.024
3	0.026
4	0.020
5	0.028
6	0.026
7	0.030
8	0.008
9	0.011
10	0.008

ตารางที่ 1.6-1 การแบ่งประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหวโดยพิจารณาจากค่า S_{DS}

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

ตารางที่ 1.6-2 การแบ่งประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหวโดยพิจารณาจากค่า S_{D1}

ค่า S_{D1}	ประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหว		
	ประเภทความสำคัญ I หรือ II	ประเภทความสำคัญ III	ประเภทความสำคัญ IV
$S_{D1} < 0.067$	ก (ไม่ต้องออกแบบ)	ก (ไม่ต้องออกแบบ)	ก (ไม่ต้องออกแบบ)
$0.067 \le S_{D1} < 0.133$	ข	ข	ค
$0.133 \le S_{D1} < 0.20$	ค	ค	ง
$0.20 \le S_{D1}$	ง	ง	ง

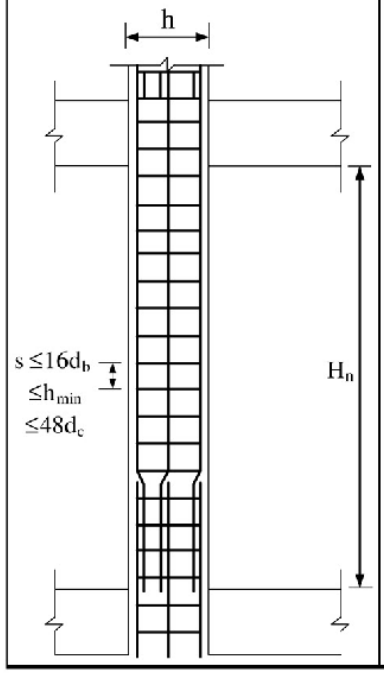
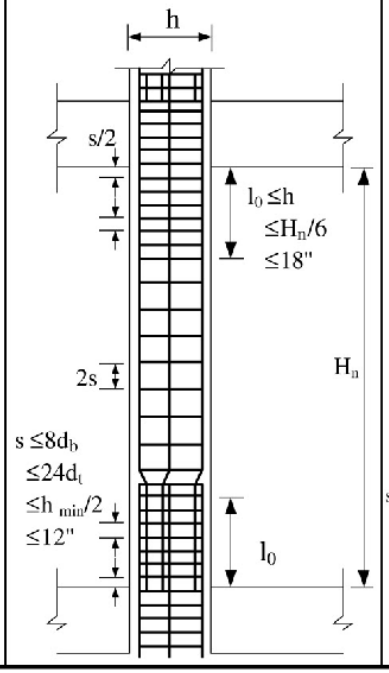
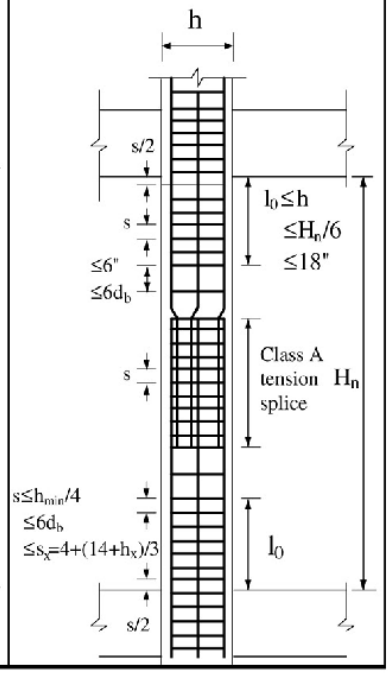
สำหรับพื้นที่ในแอ่งกรุงเทพ ค่า S_{DS} และ S_{D1} มีค่าเท่ากับความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมสำหรับการออกแบบด้วยวิธีแรงสถิตเทียบเท่า (S_a) ที่คาบการสั่น 0.2 วินาที และ 1.0 วินาที ตามลำดับ (อัตราส่วนความหน่วงร้อยละ 5) ดังแสดงในตารางที่ 1.4-5

อาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก 3 ชั้น ความสูง 12 เมตร

จ. กรุงเทพมหานคร

$T = 0.02x12 = 0.24s$ (Soil Type E)

ระบบโครงสร้างโดยรวม	ระบบต้านแรงด้านข้าง	ค่าตัวประกอบ			ประเภทการออกแบบต้านทานแรงแผ่นดินไหว		
		R	Ω_0	C_d	ข	ค	ง
3. ระบบโครงต้านแรงดัด (Moment Resisting Frame)	โครงต้านแรงดัดเหล็กที่มีความเหนียวพิเศษ (Ductile/Special Steel Moment-Resisting Frame)	8	3	5.5	√	√	√
	โครงถักต้านแรงดัดที่มีการให้รายละเอียดความเหนียวเป็นพิเศษ (Special Truss Moment Frame)	7	3	5.5	√	√	√
	โครงต้านแรงดัดเหล็กที่มีความเหนียวปานกลาง (Intermediate Steel Moment Resisting Frame)	4.5	3	4	√	√	*
	โครงต้านแรงดัดเหล็กธรรมดา (Ordinary Steel Moment Resisting Frame)	3.5	3	3	√	√	X
	โครงต้านแรงดัดคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีความเหนียวพิเศษ (แบบหล่อในที่ หรือ แบบหล่อสำเร็จ) (Precast or Cast-in-Place Ductile/Special Reinforced Concrete Moment Resisting Frame) ++	8	3	5.5	√	√	√
	โครงต้านแรงดัดคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีความเหนียวปานกลางหรือความเหนียวจำกัด (Ductile RC Moment-Resisting Frame with Limited Ductility/ Intermediate RC Moment-Resisting Frame)	5	3	4.5	√	√	*
	โครงต้านแรงดัดคอนกรีตเสริมเหล็กแบบธรรมดา (Ordinary Reinforced Concrete Moment Resisting Frame)	3	3	2.5	√	X	X

Ordinary Moment Resisting Concrete Frame	Intermediate Moment Resisting Concrete Frame	Special Moment Resisting Concrete Frame
		

d_b, d_t : diameter of longitudinal and transverse bars, s: spacing of lateral bars, h_{min} : minimum dimension of column, s_x :longitudinal spacing of transverse bars within l_o

หมายเหตุ √ = ใช้ได้ x = ห้ามใช้ * = ดูหัวข้อ 2.3.1.2 ++ = ดูหัวข้อ 2.3.1.3

ตารางที่ 1.5-1 การจำแนกประเภทความสำคัญของอาคาร และค่าตัวประกอบความสำคัญของอาคาร

ประเภทของอาคาร	ประเภทความสำคัญ	ตัวประกอบความสำคัญ
อาคารและโครงสร้างอื่น ๆ ที่มีปัจจัยเสี่ยงอันตรายต่อชีวิตมนุษย์ค่อนข้างน้อยเมื่อเกิดการพังทลายของอาคารหรือส่วนโครงสร้างนั้น ๆ เช่น - อาคารที่เกี่ยวข้องกับการเกษตร - อาคารชั่วคราว - อาคารเก็บของเล็ก ๆ ซึ่งไม่มีความสำคัญ	I (น้อย)	1.0
อาคารและโครงสร้างอื่น ๆ ที่ไม่จัดอยู่ในอาคารประเภท ความสำคัญ น้อย มาก และสูงมาก	II (ปกติ)	1.0
อาคารและโครงสร้างอื่น ๆ ที่หากเกิดการพังทลาย จะเป็นอันตรายต่อชีวิตมนุษย์และสาธารณชนอย่างมาก เช่น - อาคารที่เป็นที่ชุมนุมในพื้นที่หนึ่ง ๆ มากกว่า 300 คน - โรงเรียนประถมหรือมัธยมศึกษาที่มีความจุมากกว่า 250 คน - มหาวิทยาลัยหรือวิทยาลัย ที่มีความจุมากกว่า 500 คน - สถานรักษาพยาบาลที่มีความจุคนไข้มากกว่า 50 คน แต่ไม่สามารถทำการรักษากรณีฉุกเฉินได้ - เรือนจำและสถานกักกันนักโทษ	III (มาก)	1.25
อาคารและโครงสร้างที่มีความสำคัญต่อความเป็นอยู่ของสาธารณชน หรือ อาคารที่จำเป็นต่อการบรรเทาภัยหลังเกิดเหตุ เช่น - โรงพยาบาลที่สามารถทำการรักษากรณีฉุกเฉินได้ - สถานีตำรวจ สถานีดับเพลิง และโรงเก็บรถฉุกเฉินต่าง ๆ - โรงไฟฟ้า - โรงผลิตน้ำประปา ถังเก็บน้ำ และสถานีสูบจ่ายน้ำที่มีความดันสูงสำหรับการดับเพลิง - อาคารศูนย์สื่อสาร - อาคารศูนย์บรรเทาสาธารณภัย - ท่าอากาศยาน ศูนย์บังคับการบิน และโรงเก็บเครื่องบิน ที่ต้องใช้เมื่อเกิดกรณีฉุกเฉิน - อาคารศูนย์บัญชาการแห่งชาติ อาคารและโครงสร้างในส่วนของการผลิต การจัดการ การจัดเก็บ หรือการใช้สารพิษ เชื้อเพลิง หรือสารเคมีอันอาจก่อให้เกิดการระเบิดขึ้นได้	IV (สูงมาก)	1.5

ตารางที่ สำหรับ

โซน \ S_a	S_a (6.0 s)
1	0.022
2	0.024
3	0.026
4	0.020
5	0.028
6	0.026
7	0.030
8	0.008
9	0.011
10	0.008

ตารางที่ 1.6-1 การแบ่งประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหวโดยพิจารณาจากค่า S_{DS}

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

ตารางที่ 1.6-2 การแบ่งประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหวโดยพิจารณาจากค่า S_{D1}

ค่า S_{D1}	ประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหว		
	ประเภทความสำคัญ I หรือ II	ประเภทความสำคัญ III	ประเภทความสำคัญ IV
$S_{D1} < 0.067$	ก (ไม่ต้องออกแบบ)	ก (ไม่ต้องออกแบบ)	ก (ไม่ต้องออกแบบ)
$0.067 \le S_{D1} < 0.133$	ข	ข	ค
$0.133 \le S_{D1} < 0.20$	ค	ค	ง
$0.20 \le S_{D1}$	ง	ง	ง

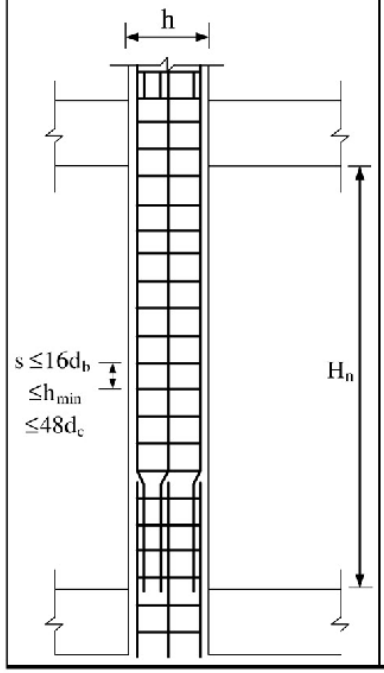
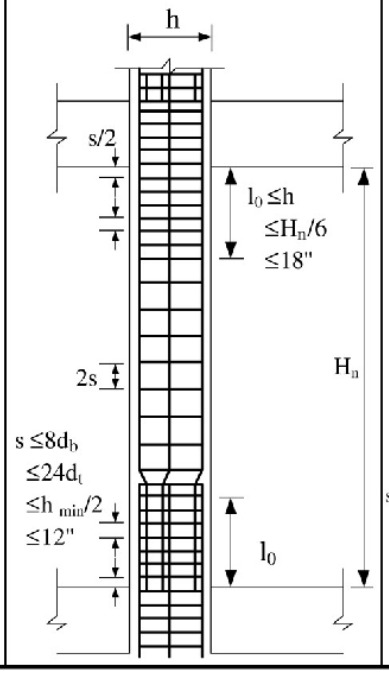
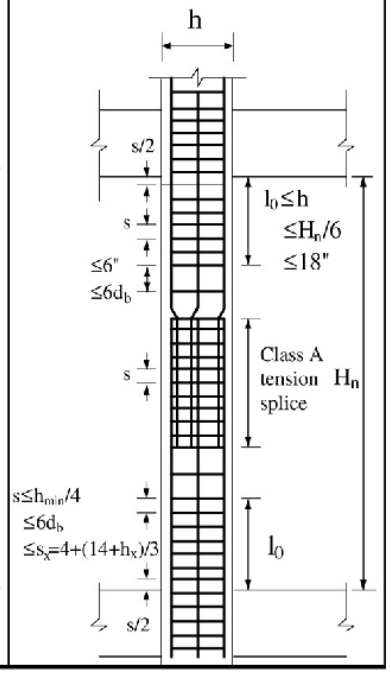
สำหรับพื้นที่แอ่งกรุงเทพ ในกรณีที่คาบการสั่นพื้นฐานของอาคาร (T) ที่คำนวณโดยใช้สมการ 3.3-1 หรือ 3.3-2 มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.5 วินาที ให้กำหนดประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหวโดยใช้เฉพาะเกณฑ์ในตารางที่ 1.6-1 เท่านั้น แต่ในกรณีที่คาบการสั่นพื้นฐานของอาคาร (T) ดังกล่าวมีค่ามากกว่า 0.5 วินาที ให้กำหนดประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหวโดยใช้เฉพาะเกณฑ์ในตารางที่ 1.6-2 เท่านั้น

อาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก 20 ชั้น ความสูง 60 เมตร

จ. กรุงเทพมหานคร

$T = 0.02 \times 60 = 1.20s$ (Soil Type E)

ระบบโครงสร้างโดยรวม	ระบบต้านแรงด้านข้าง	ค่าตัวประกอบ			ประเภทการออกแบบต้านทานแรงแผ่นดินไหว		
		R	Ω_0	C_d	ข	ค	ง
3. ระบบโครงต้านแรงดัด (Moment Resisting Frame)	โครงต้านแรงดัดเหล็กที่มีความเหนียวพิเศษ (Ductile/Special Steel Moment-Resisting Frame)	8	3	5.5	√	√	√
	โครงถักต้านแรงดัดที่มีการให้รายละเอียดความเหนียวเป็นพิเศษ (Special Truss Moment Frame)	7	3	5.5	√	√	√
	โครงต้านแรงดัดเหล็กที่มีความเหนียวปานกลาง (Intermediate Steel Moment Resisting Frame)	4.5	3	4	√	√	*
	โครงต้านแรงดัดเหล็กธรรมดา (Ordinary Steel Moment Resisting Frame)	3.5	3	3	√	√	X
	โครงต้านแรงดัดคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีความเหนียวพิเศษ (แบบหล่อในที่ หรือ แบบหล่อสำเร็จ) (Precast or Cast-in-Place Ductile/Special Reinforced Concrete Moment Resisting Frame) ++	8	3	5.5	√	√	√
	โครงต้านแรงดัดคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีความเหนียวปานกลางหรือความเหนียวจำกัด (Ductile RC Moment-Resisting Frame with Limited Ductility/ Intermediate RC Moment-Resisting Frame)	5	3	4.5	√	√	*
	โครงต้านแรงดัดคอนกรีตเสริมเหล็กแบบธรรมดา (Ordinary Reinforced Concrete Moment Resisting Frame)	3	3	2.5	√	X	X

Ordinary Moment Resisting Concrete Frame	Intermediate Moment Resisting Concrete Frame	Special Moment Resisting Concrete Frame
		

d_b, d_t : diameter of longitudinal and transverse bars, s: spacing of lateral bars, h_{min} : minimum dimension of column, s_x :longitudinal spacing of transverse bars within l_o

หมายเหตุ √ = ใช้ได้ x = ห้ามใช้ * = ดูหัวข้อ 2.3.1.2 ++ = ดูหัวข้อ 2.3.1.3

สรุป

- ค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมเพื่อให้วิศวกรสามารถนำไปคำนวนแรงแผ่นดินไหวที่จะเกิดขึ้นกับโครงสร้างโดยมีให้ค่าเป็นรายอำเภอในทุกจังหวัดในประเทศไทย
- ค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่เนื่องมาจากความเสี่ยงแผ่นดินไหวในประเทศไทยแตกต่างกัน
- ค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมเป็นค่าที่ชั้นหินในประเทศไทยต่ำกว่าที่กำหนดในประเทศเพื่อนบ้านเช่นพม่า และสหรัฐอเมริกา (โดยเฉพาะบริเวณรัฐแคลิฟอร์เนีย) ค่อนข้างมาก
- เหตุการณ์แผ่นดินไหวที่ผ่านมาพบว่าสเปกตรัมที่กำหนดไว้มีค่าใกล้เคียงกับที่กำหนดไว้กับสเปกตรัมออกแบบ
- การเลือกคลื่นแผ่นดินไหวเพื่อนำไปวิเคราะห์ต้องใช้ความระมัดระวังเนื่องจากอาจทำให้ผลการวิเคราะห์ผิดจากความจริงไปได้

ระดับความรุนแรงของแผ่นดินไหวในรูปแบบของความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมทั่วประเทศไทย

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยและนวัตกรรม
จากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) พ.ศ. 2568