

## บทที่ 2

### การหาค่าอัตราเร่งสูงสุดที่ผิวดิน

#### 2.1 แบบจำลองสำหรับหาอัตราเร่งที่ผิวดิน

ในอดีตมีผู้เสนอแบบจำลองสำหรับหาอัตราเร่งที่ลดลงตามระยะทางที่คลื่นแผ่นดินไหวแผ่กระจายไป (attenuation model) หลายท่าน มีทั้งแบบหาอัตราเร่งที่ผิวดิน เช่น Estava, Mcquire (16) เป็นต้น และแบบหาอัตราเร่งที่ชั้นหินแข็ง เช่น Seed (1) เป็นต้น ทั้งนี้แบบจำลองเหล่านี้มักจะขึ้นอยู่กับขนาดของแผ่นดินไหว (M) ระยะห่างจากจุดกำเนิดแผ่นดินไหว (R) สภาพและชนิดของชั้นดิน ซึ่งสัมพันธ์กับการเคลื่อนที่ (y) ดังสมการที่ (2.1)

$$\log y = b_1 + b_2 + M + b_3 \log(R + b_4) \quad (2.1)$$

ค่าคงที่  $b_1$  ถึง  $b_4$  หาได้จากการแทนค่าชุดข้อมูลของแผ่นดินไหวที่วัดได้ในสมการที่ (2.1) ดังนั้นค่าคงที่  $b_1$  ถึง  $b_4$  จะขึ้นอยู่กับข้อมูลในพื้นที่ใด ๆ แบบจำลองสำหรับหาอัตราเร็วและอัตราเร่งสามารถหาได้โดยการหาอนุพันธ์ของการเคลื่อนที่ (y)

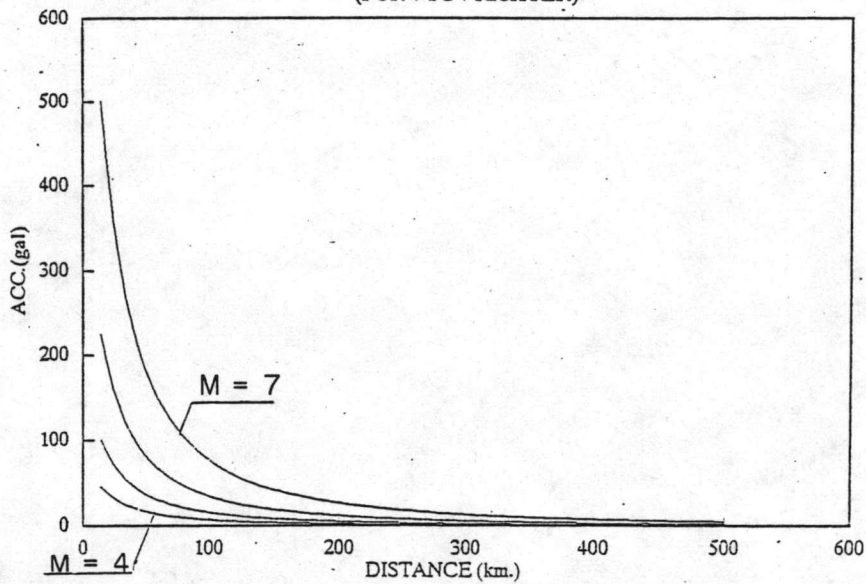
จากการวิจัยของ ปริญา นุตาลัย และ Prakash Man Shrestha (9) ผู้วิจัยทั้งสองได้เปรียบเทียบค่าอัตราเร่งที่วัดได้จากสถานที่วัดแผ่นดินไหวที่เขื่อนศรีนครินทร์ และเขื่อนเขาแหลม กับค่าที่คำนวณจากแบบจำลองต่าง ๆ คือแบบจำลองของ Estava, Mcquire, Oliveira และ Watabe ผลปรากฏว่าแบบจำลองของ Estava ให้ค่าใกล้เคียงที่สุด ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะใช้แบบจำลองของ Estava ซึ่งสมการ สำหรับหาค่าอัตราเร่ง (A) และอัตราเร็ว (v) แสดงไว้ในสมการที่ (2.2) และ (2.3) ตามลำดับ

$$A = 5600.e^{(0.8M)/(R+40)^2} \quad (2.2)$$

$$v = 32.e^{(M)/(R+25)^{1.7}} \quad (2.3)$$

โดยที่สมการ (2.2),(2.3) จะใกล้เคียงความจริงเมื่อ R มีค่ามากกว่า 15 กม. ขึ้นไป

## ESTAVA' ATTENUATION MODEL (FOR 4 TO 7 RICHTER)



รูปที่ 2.1 แบบจำลองสำหรับหาอัตราเร่งของ Estava

### 2.2 การแจกแจงความถี่และการวิเคราะห์การถดถอย

จากข้อมูลแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นในรัศมี 800 กม. รอบ ๆ สถานที่ต่าง ๆ ซึ่งในงานวิจัยนี้จะพิจารณาจำนวน 30 จุด ดังแสดงในรูปที่ 1.1 เมื่อนำมาหาอัตราเร่งตามแบบจำลองของ Estava ดังสมการที่ (2.2) จะได้ค่าอัตราเร่งที่มีขนาดแตกต่างกันดังแสดงในภาคผนวก ข. โดยการแจกแจงความถี่ของการเกิดอัตราเร่งจะหาค่าอัตราการเกิดเฉลี่ยต่อปี,  $\nu$  (annual mean rate of occurrence) ของอัตราเร่งขนาดโตกว่าอัตราเร่ง  $A$  ได้ ความสัมพันธ์ของ  $\nu$  กับอัตราเร่ง  $A$  มักสมมติเป็นรูปสมการ logarithm (12) ดังนี้

$$\log \nu = b + a \log A \quad (2.4)$$

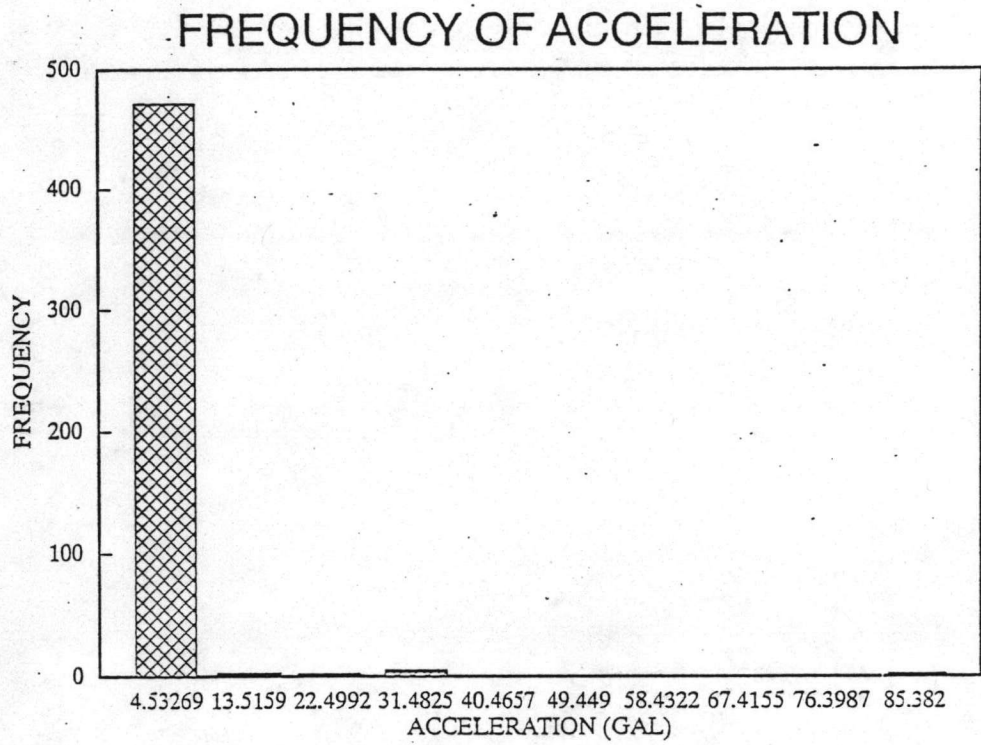
โดยที่ค่า  $a, b$  เป็นพารามิเตอร์ซึ่งได้จากการวิเคราะห์การถดถอยของข้อมูล (regression) ดังรูปที่ (2.2)-(2.4)

ค่า  $a, b$  ของจุดต่าง ๆ ที่พิจารณาแสดงอยู่ในตารางที่ 2.1

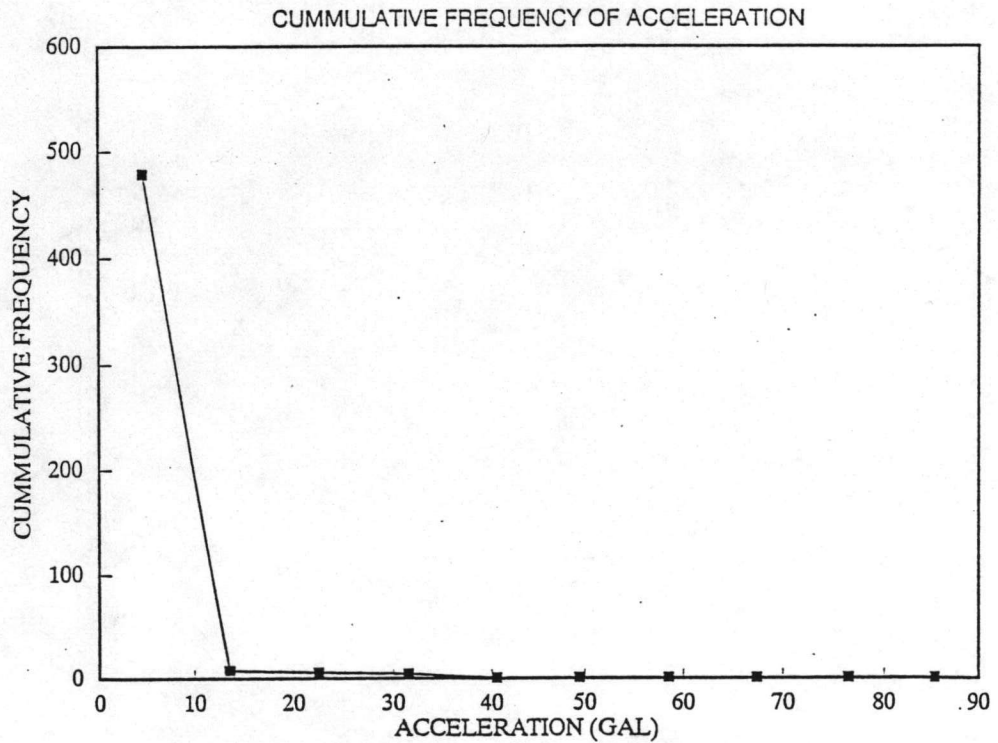
ตารางที่ 2.1 พารามิเตอร์ที่ได้จากการวิเคราะห์การถดถอยของข้อมูล

PROVINCE	LOCATION	GRID		PARAMETERS	
		LAT	LONG	a	b
KRI 1	อ.สังขละบุรี	15.1	98.4	-2.11306	1.674237
KRI 2	อ.ทองผาภูมิ	14.66	98.6	-2.05721	1.829656
KRI 3	อ.ศรีสวัสดิ์	14.5	99.2	-2.03853	1.991341
KRI 4	อ.เลขาขวัญ	14.64	99.7	-1.992563	1.516242
KRI 5	อ.เมือง	14.	99.5	-2.0573	1.092989
CMI 1	อ.ฟาง	19.9	99.2	-1.98293	1.917564
CMI 2	อ.เขียงดาว	19.4	99.0	-2.07935	2.04156
CMI 3	อ.เมือง	18.8	99.0	-2.20471	1.424119
CMI 4	อ.แม่แจ่ม	18.47	98.4	-2.14671	0.924039
CMI 5	อ.อมก๋อย	17.8	98.4	-2.16531	1.128159
CRI 1	อ.เขียงแสน	20.25	100.1	-2.24709	1.856815
CRI 2	อ.เมือง	19.9	99.83	-1.87934	1.321351
CRI 3	อ.เวียงป่าเป้า	19.33	99.5	-2.12641	1.525224
MSN 1	อ.เมือง	19.27	98.0	-1.8871	1.086458
MSN 2	อ.ขุนยวง	18.77	97.9	-2.02349	0.95984
MSN 3	อ.แม่สะเรียง	18.1	97.9	-2.08872	1.241001
TAK 1	อ.ท่าสองยาง	17.18	98.3	-2.14388	1.118987
TAK 2	อ.เมือง	16.87	99.13	-2.15991	0.633805
TAK 3	อ.อุ้มผาง	16.0	98.8	-2.18089	1.18954
TAK 4	อ.แม่สอด	16.73	98.5	-2.02049	1.314155
PYO 1	อ.เขียงคำ	19.5	100.3	-2.09181	1.133002
PYO 2	อ.เมือง	19.18	99.9	-1.78978	0.937174
LPN	อ.เมือง	18.59	99.0	-2.16302	1.100719
UTN	อ.ลานสัก	15.44	99.63	-2.00554	1.472601
KPP	อ.เมือง	16.5	99.5	-2.2591	0.719072
LPG	อ.เถิน	17.62	99.22	-2.17074	0.556663
BUR 1	จ.กอกะเรก	16.47	98.27	-2.17155	1.098989
BUR 2	จ.ทวาย	14.08	98.27	-2.23517	1.151159
BUR 3		18.0	97.0	-2.20843	1.453875
UTD	อ.เมือง	17.6	100.2	-2.0585	0.332373

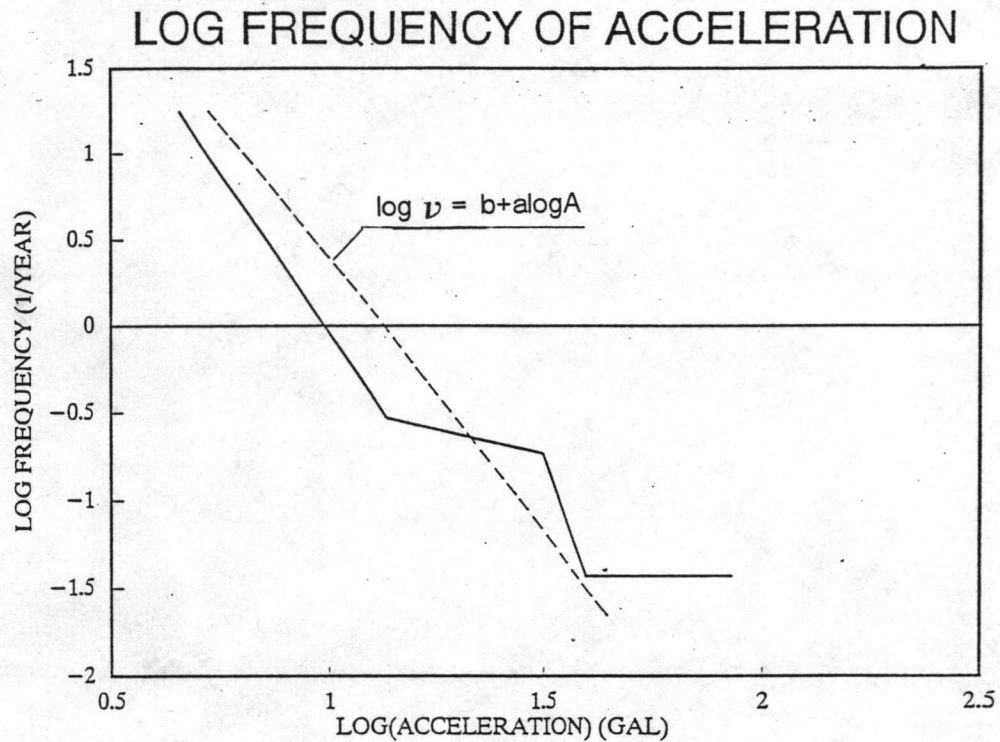




รูปที่ 2.2 การแจกแจงความถี่ของอัตราเร่งแผ่นดินไหว  
ของ อ.ศรีสวัสดิ์ จ.กาญจนบุรี



รูปที่ 2.3 กราฟแสดงความถี่สะสมกับอัตราเร่งของแผ่นดินไหว  
ของ อ.ศรีสวัสดิ์ จ.กาญจนบุรี



รูปที่ 2.4 การหาเส้นสัมพันธ์ความถี่กับอัตราเร่ง  
ของ อ.ศรีสวัสดิ์ จ.กาญจนบุรี

### 2.3 การหาค่าฟังก์ชันการกระจายสะสม (Cumulative Distribution Function)

ด้วยสมมติฐานที่ว่า การเกิดแผ่นดินไหวสามารถจำลองเป็นการกระจายเฉลี่ยตามแบบของ ปัวซอง (Poisson's Model of Distribution) ซึ่งจะสามารถหาคาบเวลาการกลับ (return period),  $T_r$  ได้จาก

$$T_r = 1 / v \quad (2.5)$$

สำหรับค่า  $v$  น้อย ๆ  $v$  มีความสัมพันธ์กับ probability of exceedance,  $P_o$  ดังนี้

$$v = P_o \quad (2.6)$$

จากสมการที่ 2.4 และ 2.5 จะได้

$$\log (1/T) = b+a \log A \quad (2.7)$$

$$\text{หรือ } \log T = -b-a \log A \quad (2.8)$$

สำหรับโครงสร้าง ซึ่งมีอายุการใช้งาน  $T_s$  ความเป็นไปได้  $Q$  ของการเกิดการไหวไม่เกินค่าหนึ่ง ๆ จะหาได้จาก

$$\begin{aligned} Q &= (1-P_0) (1-P_0) \dots \text{---(คูณ } T_s \text{ ครั้ง)} \\ &= (1-P_0)^{T_s} \end{aligned} \quad (2.9)$$

ค่า  $Q$  นี้คือ ฟังก์ชันการกระจายสะสม (Cumulative Distribution Function), CDF จากสมการที่ (2.5)-(2.9) ได้

$$\begin{aligned} Q &= (1-10^{(a \log A + b)})^{T_s} \\ &= (1-A^a 10^b)^{T_s} \end{aligned} \quad (2.10)$$

หาอนุพันธ์ของฟังก์ชันการกระจายสะสม จะได้ค่า PDF (Probability Distribution Function) ดังสมการที่ (2.11)

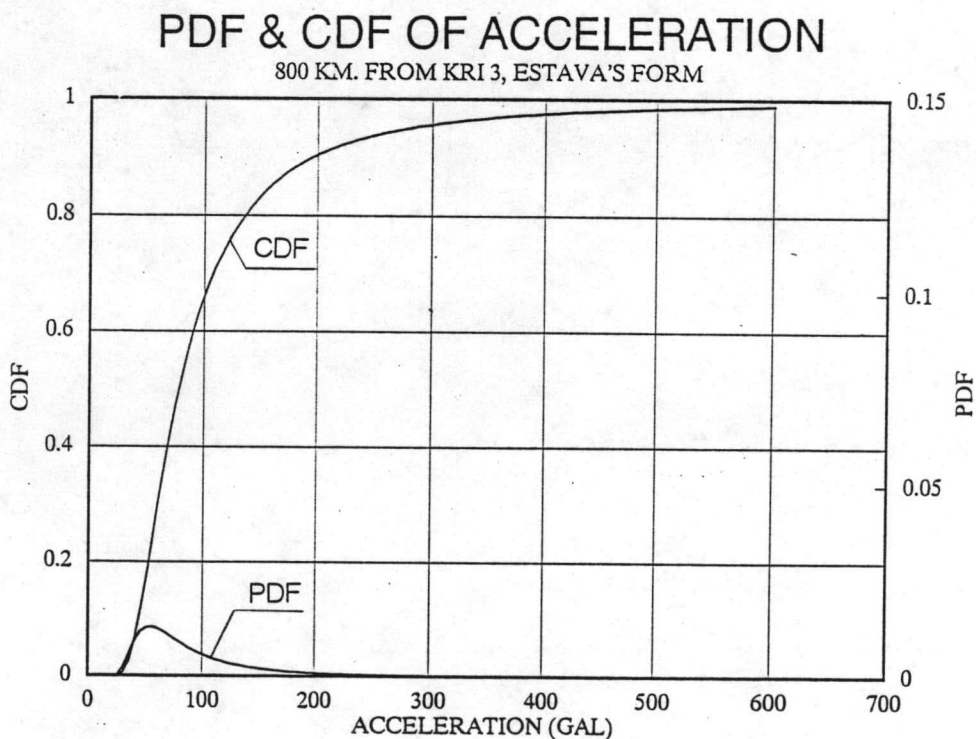
$$\text{PDF} = d(\text{CDF})/dA \quad (2.11)$$

แทนค่าสมการที่ (2.10) ในสมการที่ (2.11) ได้

$$\text{PDF} = T_s(1-A^a 10^b)^{T_s-1}(-aA^{a-1} 10^b) \quad (2.12)$$

## 2.4 ผลของอายุการใช้งานของโครงสร้างต่อค่าอัตราเร่ง

ตารางที่ 2.2 และกราฟรูปที่ 2.6 แสดงการเปรียบเทียบค่าอัตราเร่งเฉลี่ยโดยการใช้ค่าอายุการใช้งานจำนวน 3 ค่าคือ 50, 75 และ 100 ปี ค่าอัตราเร่งสำหรับอายุการใช้งาน 100 ปีนี้มีค่ามากกว่าค่าอัตราเร่งสำหรับอายุการใช้งาน 50 ปีประมาณ 20-50 % ตัวเลขนี้จะเป็น 15-30 % สำหรับอายุการใช้งาน 75 ปี โดยปกติค่าอายุการใช้งานซึ่งใช้ในการออกแบบโครงสร้างนั้นจะขึ้นอยู่กับความสำคัญของโครงสร้างนั้น ๆ สำหรับโครงสร้างทั่วไป ค่าที่นิยมใช้คือ 50 ปี สำหรับโครงสร้างที่มีความสำคัญมาก ๆ เช่น โรงพยาบาล อาจจำเป็นต้องออกแบบโดยการใช้อายุการใช้งาน 100 ปี หรืออีกนัยหนึ่งคือ จะต้องออกแบบให้สามารถรับผลของแผ่นดินไหวซึ่งมีโอกาสเกิดขึ้นน้อยมาก ๆ ได้ สำหรับโครงสร้างอิลาสติก แรงที่เกิดขึ้นจากแผ่นดินไหวเป็นปฏิกิริยาโดยตรงกับค่าอัตราเร่งของพื้นดิน (ถ้าลักษณะคลื่นแผ่นดินไหวเหมือนกัน) ดังนั้นการออกแบบอาคารสำคัญๆ จึงต้องพิจารณาให้อาคารรับแรงแผ่นดินไหวมากกว่ากรณีทั่ว ๆ ไปราว 20-50% ข้อกำหนดเกี่ยวกับการออกแบบโครงสร้างต้านทานแรงแผ่นดินไหวจึงมักกำหนดให้เพิ่มแรงแผ่นดินไหวด้วยแฟกเตอร์ความสำคัญ (Importance factor) ด้วยเหตุผลข้างต้นนี้ สำหรับงานวิจัยนี้จะพิจารณาค่าอายุการใช้งาน 50 ปี สำหรับใช้กับโครงสร้างทั่วไป



รูปที่ 2.5 กราฟแสดง PDF และ CDF กับค่าอัตราเร่ง (สำหรับอายุการใช้งาน 50 ปี)



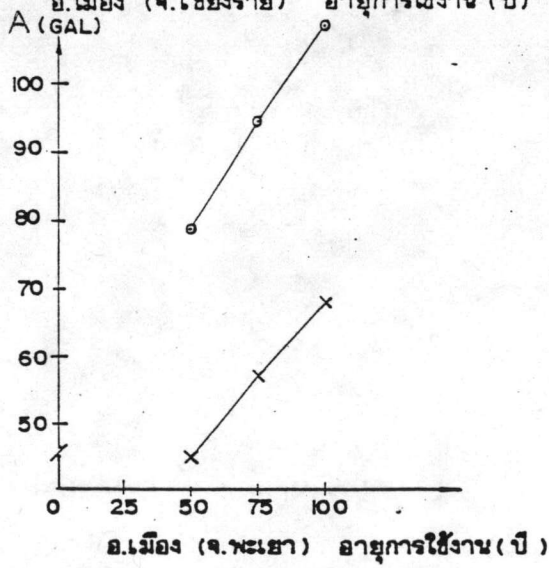
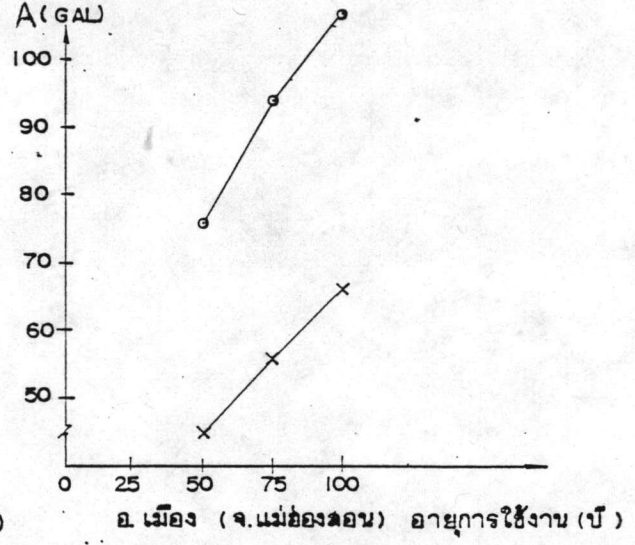
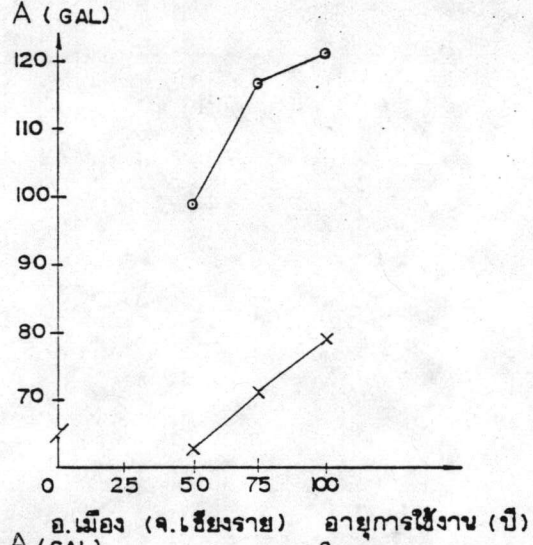
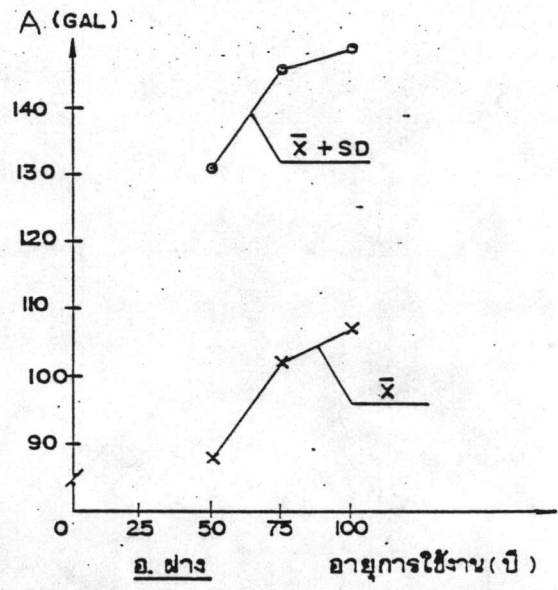
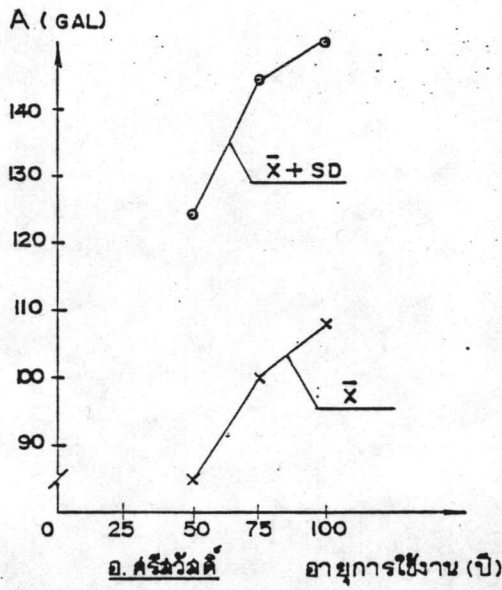
ตารางที่ 2.2 การเปรียบเทียบค่าอัตราเร่งโดยการเปรียบเทียบค่าอายุการใช้งานเฉพาะสถานที่ที่สำคัญ

SERVICE LIFE	LOCATION	GRID		PARAMETERS		FACTOR (1/ )	PDF'	CDF'	A <sub>cul</sub>	A <sub>max</sub>	SLOPE'	X̄	SD	X อายุงานโดย X 50 ปี
		LAT	LONG	a	b									
50	จ.กาญจนบุรี	14.5	99.2	-2.03853	1.991341	1.079261	0.0011261	0.958601	184	250	-1.943E-5	84.49	39.71	1.0
75	อ.ศรีสวัสดิ์	"	"	"	"	1.121547	0.001907	0.935066	182	250	-2.804E-5	100.05	43.92	1.18
100	"	"	"	"	"	1.167085	0.0026	0.908174	179	250	-3.168E-5	108.04	42.78	1.28
50	จ.เชียงใหม่	19.9	99.2	-1.98293	1.917564	1.090898	0.001397	0.952985	183	250	-2.073E-5	87.79	43.79	1.0
75	อ.ฝาง	"	"	"	"	1.140818	0.002138	0.925192	180	250	-3.08E-5	102.0	43.75	1.16
100	"	"	"	"	"	1.193171	0.002896	0.893867	177	250	-3.937E-5	106.66	42.14	1.21
50	จ.เชียงราย	19.9	99.83	-1.87934	1.321351	1.039344	0.000582	0.980675	184	250	-8.73E-6	60.44	38.34	1.0
75	อ.เมือง	"	"	"	"	1.059744	0.000879	0.970419	183	250	-1.272E-5	71.17	46.10	1.18
100	"	"	"	"	"	1.08061	0.001177	0.959736	182	250	-1.729E-5	78.90	42.11	1.30
50	จ.แม่ฮ่องสอน	19.27	98.0	-1.8871	1.086458	1.021708	0.000325	0.989382	185	250	-5E-6	45.11	30.39	1.0
75	อ.เมือง	"	"	"	"	1.032941	0.000492	0.983821	184	250	-7.437E-6	55.62	38.25	1.23
100	"	"	"	"	"	1.043974	0.000652	0.978311	184	250	-9.813E-6	66.46	42.66	1.47
50	จ.พะเยา	19.18	99.9	-1.78978	0.937174	1.026352	0.000374	0.987452	183	250	-5.54E-6	44.76	34.1	1.0
75	อ.เมือง	"	"	"	"	1.039991	0.000565	0.980868	182	250	-8.32E-6	57-51	37.07	1.28
100	"	"	"	"	"	1.053409	0.000748	0.974327	182	250	-1.053E-5	68.08	44.14	1.52

หมายเหตุ PDF , CDF' , A<sub>cul</sub> , A<sub>max</sub> , SLOPE' แสดงอยู่ในรูปที่ 2.8

018486



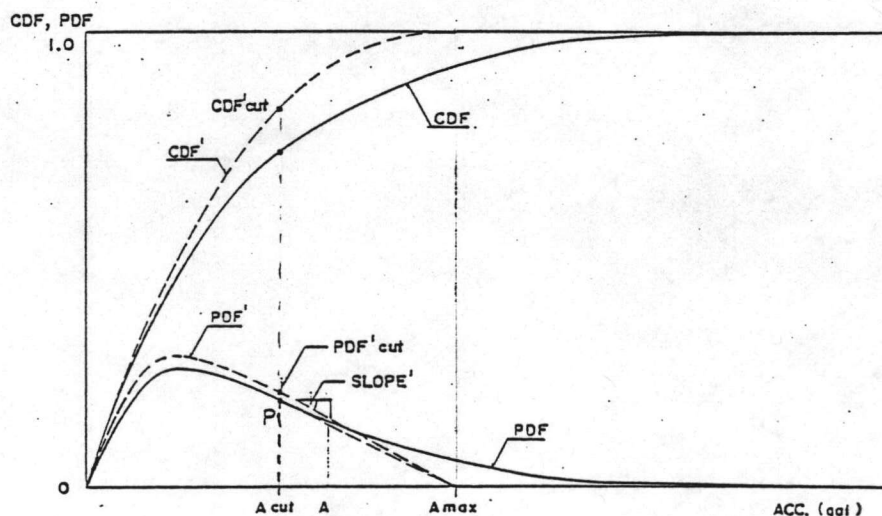


รูปที่ 2.6 กราฟแสดงค่าอัตราเร่งกับค่าอายุการใช้งาน

## 2.5 การปรับแก้ฟังก์ชันการกระจาย

จากรูปที่ 2.5 ขนาดของอัตราเร่งเมื่อค่า CDF มีค่าเข้าใกล้ 1 นั้นจะมีขนาดใหญ่มากซึ่งเป็นไปไม่ได้ทางกายภาพ จากรายงานผลของแผ่นดินไหวในอดีตจากบทความของ ร.อ.สุภิจ เย็นทรวง (11) แสดงให้เห็นว่าระดับความรุนแรงของแผ่นดินไหวที่เคยเกิดขึ้นในประเทศไทยนั้นจะมีค่าไม่เกิน 7 หน่วยเมอร์แคลลีปรับปรุง (Modified Mercalli Scale) หากพิจารณาจากลักษณะความเสียหายในระดับ 10 MM ซึ่งบรรยายไว้ในตารางที่ 2.3 จะเห็นว่าอาคารอิฐก่อส่วนใหญ่รวมถึงอาคารโครงข้อแข็ง จะพังพินาศและอาจเกิดแผ่นดินถล่ม ความเป็นไปได้ของการเกิดแผ่นดินไหวรุนแรงระดับนี้ถูกจัดในประเทศพม่า และจีน ในบริเวณที่มีรอยเลื่อนมาก สำหรับประเทศไทยโอกาสที่เกิดความรุนแรงขนาดนี้ก็นับว่าน้อยมากเกือบเป็นไปไม่ได้ ดังนั้นจึงพิจารณาว่าระดับความรุนแรงสูงสุดของแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นน่าจะไม่เกินระดับ 9 MM ดังนั้นค่าอัตราเร่งสูงสุดเมื่อค่า CDF เท่ากับ 1 นั้นจะสมมติให้มีค่าเท่ากับ 200-300 gals รูปที่ 2.8 และตารางที่ 2.4 แสดงการเปรียบเทียบค่าอัตราเร่งเฉลี่ยเมื่อกำหนดอัตราเร่งสูงสุดที่ 200, 250 และ 300 gals ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าอัตราเร่งมีค่าแตกต่างกันไม่เกิน 10 % หากความเป็นไปได้ของการเกิดเหตุการณ์เกินค่าหนึ่งมีเพียง 5 % หรือต่ำกว่าแล้ว อาจถือได้ว่าค่านั้นเป็นค่าใกล้เคียงค่าสูงสุด (extreme value) จากรูปที่ 2.5 เมื่อ CDF เท่ากับ 0.95 จะได้ค่าอัตราเร่งราว 300 gals ดังนั้นจึงเลือกใช้ค่าอัตราเร่งสูงสุดที่ 300 gals ซึ่งจะแทนด้วยสัญลักษณ์  $A_{max}$

เมื่อเลือกค่า  $A_{max}$  แล้วสามารถทำการปรับแก้กราฟ CDF และ PDF ได้ดังนี้



รูปที่ 2.7 การปรับแก้ PDF และ CDF

จากรูปที่ 2.7 CDF,PDF เป็นกราฟที่ยังไม่ได้ปรับแก้ CDF',PDF' เป็นกราฟที่ได้ปรับแก้แล้ว  
 ค่า  $A_{max}$  คือ อัตราเร่งสูงสุด ซึ่งในงานการวิจัยนี้เลือกใช้เท่ากับ 300 gals  
 $A_{cut}$  คือ อัตราเร่งในจุดที่เส้นตรงซึ่งลากจาก  $A_{max}$  มาสัมผัสกราฟ PDF

จากค่า  $A_{max}$  ลากเส้นสัมผัสกับกราฟของ PDF ที่จุด  $p$  ทำการหาพื้นที่ภายใต้กราฟ O-P- $A_{max}$  ให้เป็นค่า  $\alpha$  (ซึ่งน้อยกว่า 1) และปรับ PDF โดยคูณด้วยแฟคเตอร์  $1/\alpha$  เพื่อให้ได้พื้นที่ใต้กราฟ PDF ใหม่เท่ากับ 1 ค่าของ PDF และ CDF หลังจากปรับแก้แล้วเป็นดังต่อไปนี้

$$\text{เมื่อ } A < A_{cut}, \text{ PDF}' = (\text{PDF} / \alpha)$$

$$\text{CDF}' = 1 / \alpha (\text{CDF})$$

$$\text{เมื่อ } A > A_{cut}, \text{ PDF}' = (A - A_{max}) \times \text{SLOPE} / \alpha$$

$$\text{CDF}' = \text{CDF}'_{cut} + (\text{PDF}'_{cut} + \text{SLOPE}' \times (A - A_{max})) \times (A - A_{cut}) / 2$$

กราฟ CDF และ PDF ของสถานที่ต่าง ๆ เมื่อปรับแต่งแล้วแสดงไว้ในภาคผนวก ค.

## 2.6 ค่าอัตราเร่งสูงสุดและเส้นชั้นขนาดของอัตราเร่งที่ผิวดิน

โดยการจำลองการเกิดแผ่นดินไหวตามวิธี มอนทีคาร์โล (Monte Carlo Simulation) ด้วยการสุ่มค่าตัวเลข random number ซึ่งกำหนดให้มีโอกาสของการเกิดเท่า ๆ กัน จาก 0 ถึง 1 เพื่อจำลองค่า CDF ทำให้สามารถหาค่าอัตราเร่งสำหรับค่า CDF นั้นได้ โดยดูค่าจากกราฟ CDF กับอัตราเร่ง ค่าเฉลี่ยและความเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าอัตราเร่งซึ่งได้จากการสุ่มจำนวน 1000 ค่า รวมทั้งค่าความเป็นไปได้ของการเกิดค่าอัตราเร่งสูงสุดเฉลี่ย และค่าอัตราเร่งสูงสุดเฉลี่ยบวกกับค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน แสดงในตารางที่ 2.5

จากค่าอัตราเร่งสูงสุดเฉลี่ย และค่าอัตราเร่งสูงสุดเฉลี่ยบวกค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ที่สถานที่ต่าง ๆ ในภาคตะวันตก และภาคเหนือของประเทศไทย สามารถสร้างเป็นเส้นชั้นขนาดของอัตราเร่งที่ผิวดินได้ดังรูปที่ 2.9 และ 2.10

จากรูปที่ 2.9 บริเวณที่มีอัตราเร่งสูงสุดเฉลี่ยของเขตนี้มีค่าประมาณ 90 gals แต่ทั้งนี้ บริเวณดังกล่าวมีขนาดเล็กมากเมื่อเทียบกับขอบเขตทั้งหมดคือประมาณ 3 % ของพื้นที่ และเพื่อเป็นการประหยัดในการออกแบบ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะแบ่งขอบเขตของงานวิจัยเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนแรก



ในบริเวณห่างจากจุดสูงสุดในรัศมี 50 กม. (แสดงด้วยพื้นที่แรเงา) ซึ่งมีพื้นที่ประมาณ 4,000 ตร.กม. และอีกส่วนคือพื้นที่ที่เหลือทั้งหมดในภาคตะวันตกและภาคเหนือของประเทศไทยซึ่งมีพื้นที่ประมาณ 120,000 ตร.กม. ค่าอัตราเร่งสูงสุดเฉลี่ยของส่วนหลังนี้มีค่าเท่ากับ 75 gals



ตารางที่ 2.3 ตารางเปรียบเทียบขนาดของแผ่นดินไหว

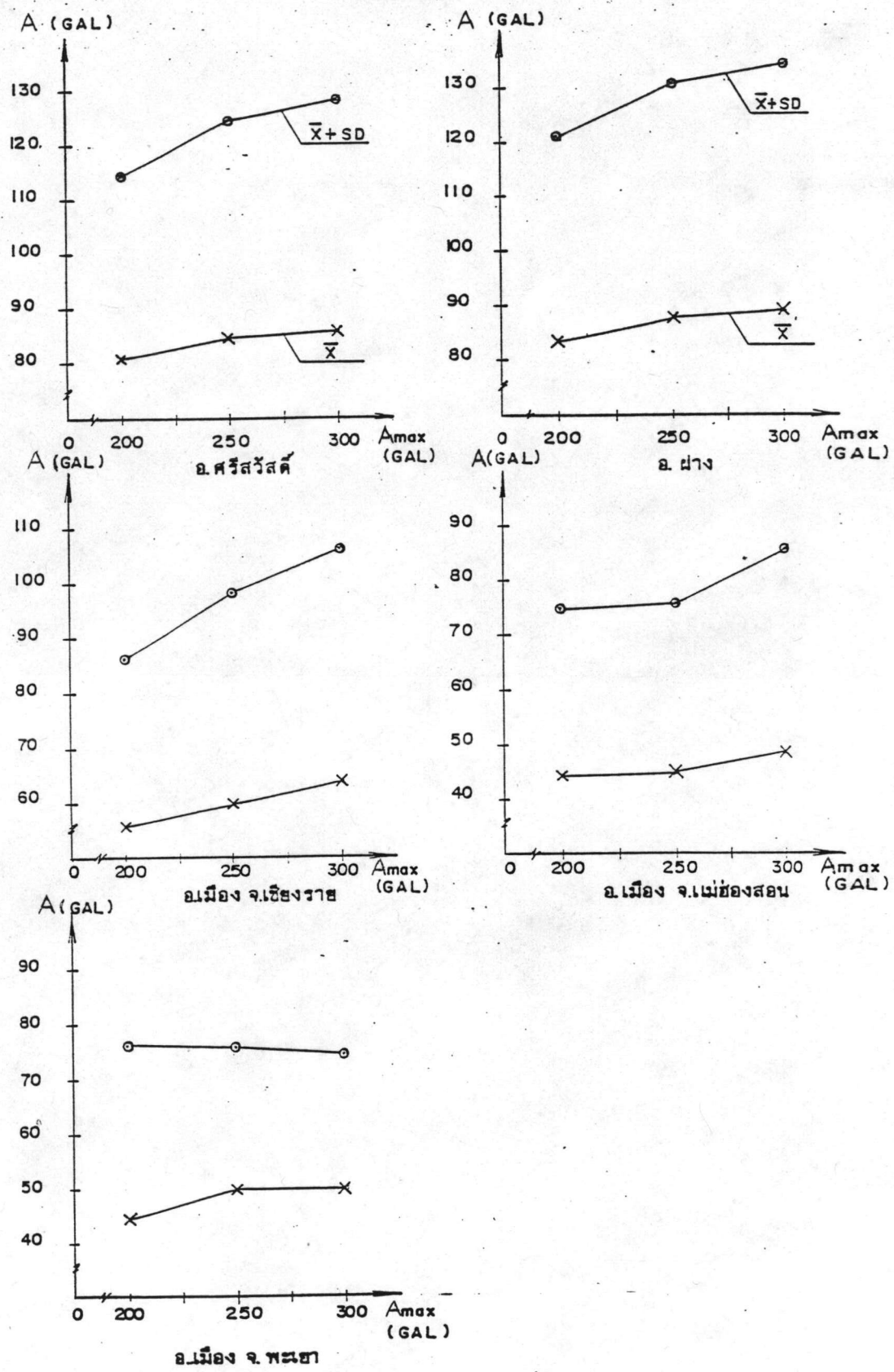
Modified Mercalli Intensity Scale (1931, Wood and Neumann)	Acceleration		Magnitude (Instrumental)	Energy of Shock Ergs.
	Cm/sec <sup>2</sup>	Gravity Fraction		
1. Detected only by sensitive instruments			2	10 <sup>14</sup>
2. Felt by few persons at rest, especially on upper floors; delicately suspended objects may swing				10 <sup>15</sup>
3. Felt noticeably indoor but not always recognized as earthquake; standing autos rock slightly; vibration like passing truck			3	10 <sup>16</sup>
4. Felt indoors by many; outdoors by few; at night some awoken; dishes, windows, doors disturbed; motor cars rock noticeably	10	0.01g		10 <sup>17</sup>
5. Felt by most people, some breakage of dishes, windows, and plaster; disturbance of tall objects	20			10 <sup>18</sup>
6. Felt by all; many frightened and run outdoors; falling plaster and chimneys, damage small	40		5	10 <sup>19</sup>
7. Everybody runs outdoors; damage to buildings varies depending on quality of construction noticed by drivers of automobiles	60			10 <sup>20</sup>
8. Panel walls thrown out of frames; fall of walls, monuments chimneys, sand and mud ejected; drivers of autos disturbed	100	0.1g	6	10 <sup>21</sup>
9. Buildings shifted off foundations cracked, thrown out of plumb; ground cracked underground pipes broken	200			10 <sup>22</sup>
10. Most masonry and frame structures destroyed; ground cracked; rafts bent; landslides	400	0.5g		10 <sup>23</sup>
11. Few structures remain standing bridges destroyed, fissures in ground, pipes broken, landslides, rails bent	600			10 <sup>24</sup>
12. Damage total, waves seen on ground surface, lines of sight and level distorted, objects thrown up into air	1000	1.0g	8	10 <sup>25</sup>

Approximate relationships earthquake intensity, accelerations, and magnitude (after Gumbensky)

ตารางที่ 2.4 การเปรียบเทียบค่าอัตราเร่งโดยการเปลี่ยนค่าอัตราเร่งสูงสุดเฉพาะสถานที่ที่สำคัญ

PROVINCE	LOCATION	GRID		PARAMETERS		FACTOR (1/α)	PDF	CDF	A <sub>cul</sub>	A <sub>max</sub>	SLOPE	X̄	SD
		LAT	LONG	a	b								
กาญจนบุรี (KRI)	อ.ศรีสวัสดิ์	14.5	99.2	-2.03853	1.991341	1.128858	0.00253	0.930898	145	200	-4.628E-5	80.36	34.1
	"	"	"	"	"	1.079261	0.001216	0.958601	184	250	-1.943E-5	84.49	39.71
	"	"	"	"	"	"	1.053482	0.000712	0.972401	223	300	-9.165E-6	85.79
เชียงใหม่ (CMI)	อ.ฝาง	19.9	99.2	-1.98293	1.917564	1.146227	0.002768	0.922108	144	200	-4.929E-5	83.2	37.84
	"	"	"	"	"	1.090898	0.001397	0.952985	183	250	-2.073E-5	87.79	43.62
	"	"	"	"	"	1.062422	0.000809	0.968136	221	300	-1.02E-5	88.58	45.92
เชียงราย (CRI)	อ.เมือง	19.9	99.83	-1.87934	1.321351	1.06092	0.001121	0.962826	146	200	-2.122E-5	56.0	30.41
	"	"	"	"	"	1.039344	0.000582	0.980675	184	250	-8.73E-6	60.44	38.34
	"	"	"	"	"	1.02784	0.000345	0.986383	221	300	-4.42E-6	63.45	42.6
แม่ฮ่องสอน (MSN)	อ.เมือง	19.27	98.0	-1.8871	1.086458	1.033555	0.000627	0.983517	147	200	-1.24E-5	44.62	30.61
	"	"	"	"	"	1.021708	0.000325	0.989382	185	250	-5E-6	45.11	30.39
	"	"	"	"	"	1.015375	0.000192	0.992497	222	300	-2.437E-6	48.72	37.36
พะเยา (PYO)	อ.เมือง	19.18	99.9	-1.78978	0.937174	1.03956	0.000697	0.981079	146	200	-1.247E-5	44.4	32.13
	"	"	"	"	"	1.026352	0.000374	0.987452	183	250	-5.54E-6	45.11	30.39
	"	"	"	"	"	1.018931	0.000224	0.991007	220	300	-2.751E-6	45.02	29.42

หมายเหตุ PDF, CDF, A<sub>cul</sub>, A<sub>max</sub>, SLOPE แสดงอยู่ในรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 กราฟแสดงค่าอัตราเร่งเมื่อกำหนดค่าอัตราเร่งสูงสุดขนาดต่าง ๆ



ตารางที่ 2.5 ค่าอัตราเร่งสูงสุด

PROVINCE	LOCATION	FACTOR	PDF'	CDF'	A <sub>cut</sub>	A <sub>max</sub>	SLOPE'	$\bar{X}$ (1000 ค่า)	SD	$\bar{X}+SD$	Q <sub>X</sub>	Q <sub>X+SD</sub>
กาญจนบุรี (KRI)	อ.สังขละบุรี	1.01656	0.000232	0.99143	226.131	300	-3.1513E-6	59.64	40.00	99.64	0.67	0.88
	อ.ทองผาภูมิ	1.032838	0.000445	0.983126	224.2	300	-5.8872E-6	74.37	45.02	119.39	0.64	0.86
	อ.ศรีสวัสดิ์	1.053659	0.000715	0.972307	222.64	300	-9.2722E-6	87.74	47.67	135.41	0.62	0.84
	อ.เลาขวัญ	1.022874	0.000302	0.988458	223.59	300	-3.9892E-6	59.13	40.62	99.75	0.63	0.86
	อ.เมือง	1.005917	0.0000815	0.996993	225.73	300	-1.2065E-6	36.45	29.09	654.54	0.69	0.90
เชียงใหม่ (CMI)	อ.ฝาง	1.062366	0.0008074	0.968166	221.1	300	-1.01987E-5	90.37	49.95	140.32	0.61	0.85
	อ.เชียงดาว	1.047624	0.0006495	0.975232	223.73	300	-8.4858E-6	87.93	48.24	136.17	0.64	0.86
	อ.เมือง	1.005498	0.0000804	0.99711	228.35	300	-1.10605E-6	39.56	29.09	68.65	0.67	0.89
	อ.แม่แจ่ม	1.002411	0.0000341	0.998751	227.52	300	-1.7113E-7	25.82	21.42	47.24	0.68	0.90
	อ.อมก๋อย	1.003473	0.0000502	0.998192	227.79	300	-6.924E-7	31.63	23.01	54.64	0.69	0.89
เชียงราย (CRI)	อ.เชียงแสน	1.012006	0.000179	0.993614	228.69	300	-2.53E-6	56.92	37.41	94.33	0.67	0.89
	อ.เมือง	1.02781	0.000345	0.986398	221.13	300	-4.4196E-6	66.03	47.03	113.06	0.67	0.89
	อ.เวียงป่าเป้า	1.010855	0.0001536	0.994381	226.69	300	-2.1228E-6	52.11	39.97	92.08	0.69	0.90
แม่ฮ่องสอน (MSN)	อ.เมือง	1.015377	0.000192	0.992496	221.98	300	-2.4369E-6	49.97	38.78	88.75	0.69	0.89
	อ.ขุนยวม	1.005272	0.0000714	0.997343	225.15	300	-9.4496E-7	34.13	29.41	63.54	0.70	0.91
	อ.แม่สะเรียง	1.006968	0.0000967	0.996431	226.24	300	-1.3091E-6	89.39	29.00	68.39	0.67	0.89
ตาก (TAK)	อ.ท่าสองยาง	1.003841	0.0000552	0.99801	227.39	300	-7.5288E-7	31.59	25.52	57.11	0.68	0.90
	อ.เมือง	1.001146	0.000016	0.999405	227.82	300	-2.3026E-7	20.18	20.77	40.95	0.72	0.93
	อ.อุ้มผาง	1.003663	0.0000532	0.998086	228.04	300	-7.4271E-7	32.33	26.32	58.65	0.66	0.90
	อ.แม่สอด	1.012178	0.000163	0.993852	224.71	300	-2.1256E-6	48.52	35.08	83.6	0.67	0.88



ตารางที่ 2.5 ค่าอัตราเร่งสูงสุด (ต่อ)

PROVINCE	LOCATION	FACTOR	PDF'	CDF'	A <sub>cut</sub>	A <sub>max</sub>	SLOPE'	$\bar{X}$ (1000ค่า)	SD	$\bar{X}+SD$	Q <sub><math>\bar{X}</math></sub>	Q <sub><math>\bar{X}+SD</math></sub>
พะเยา (PYO)	อ.เชียงคำ	1.005334	0.0000744	0.997268	226.39	300	-1.0053E-6	37.16	31.86	69.02	0.77	0.91
	อ.เมือง	1.018958	0.0002242	0.990994	219.82	300	-2.7512E-6	47.16	36.01	83.17	0.67	0.87
ลำพูน	อ.เมือง	1.003303	0.0000472	0.998282	227.75	300	-6.66218E-7	32.21	27.33	59.54	0.71	0.92
	อ.ลานสัก	1.019173	0.000255	0.99033	224.04	300	-3.3633E-6	58.12	40.90	99.02	0.66	0.88
กำแพงเพชร	อ.เมือง	1.000794	0.000012	0.999579	229.52	300	-1.7013E-7	18.87	18.78	37.65	0.71	0.93
	อ.เกิ๋น	1.000902	0.000013	0.99953	228.02	300	-1.8016E-7	17.25	16.29	33.54	0.69	0.92
พม่า (BUR)	จ.กอกะเรก	1.003134	0.0000451	0.998366	227.91	300	-6.32E-7	29.44	24.71	54.15	0.67	0.90
	จ.ทวาย	1.002463	0.0000371	0.998699	229.03	300	-5.2128E-7	29.49	23.17	52.66	0.69	0.91
อุตรดิตถ์	อ.เมือง	1.005767	0.0000845	0.996966	228.39	300	-1.2069E-6	41.84	31.63	73.47	0.69	0.90
		1.001016	0.000014	0.999484	226.1	300	-1.902E-7	16.86	18.10	34.96	0.73	0.93

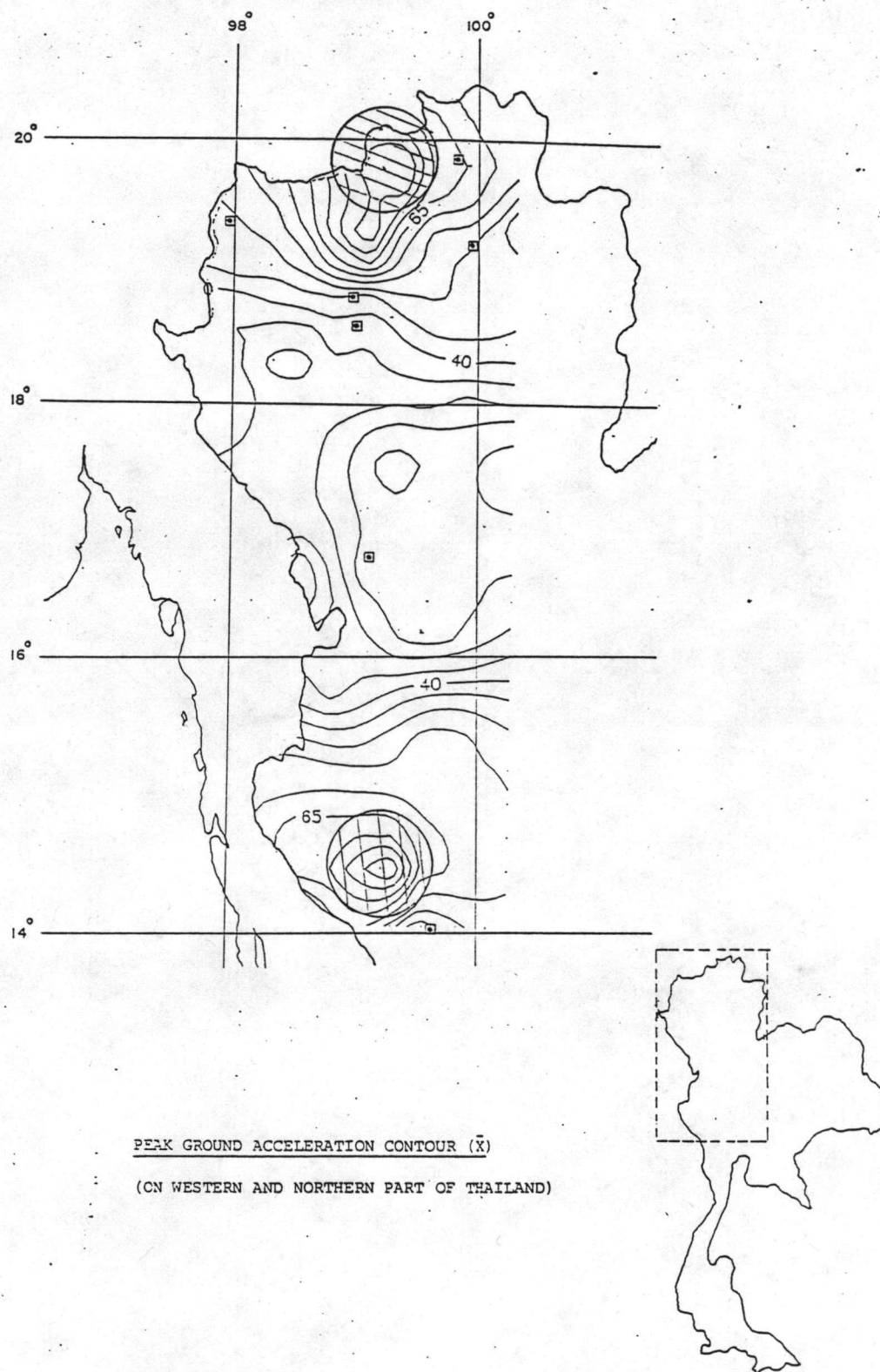
หมายเหตุ

$\bar{X}$  คือ ค่าเฉลี่ยของอัตราเร่ง

SD คือ ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

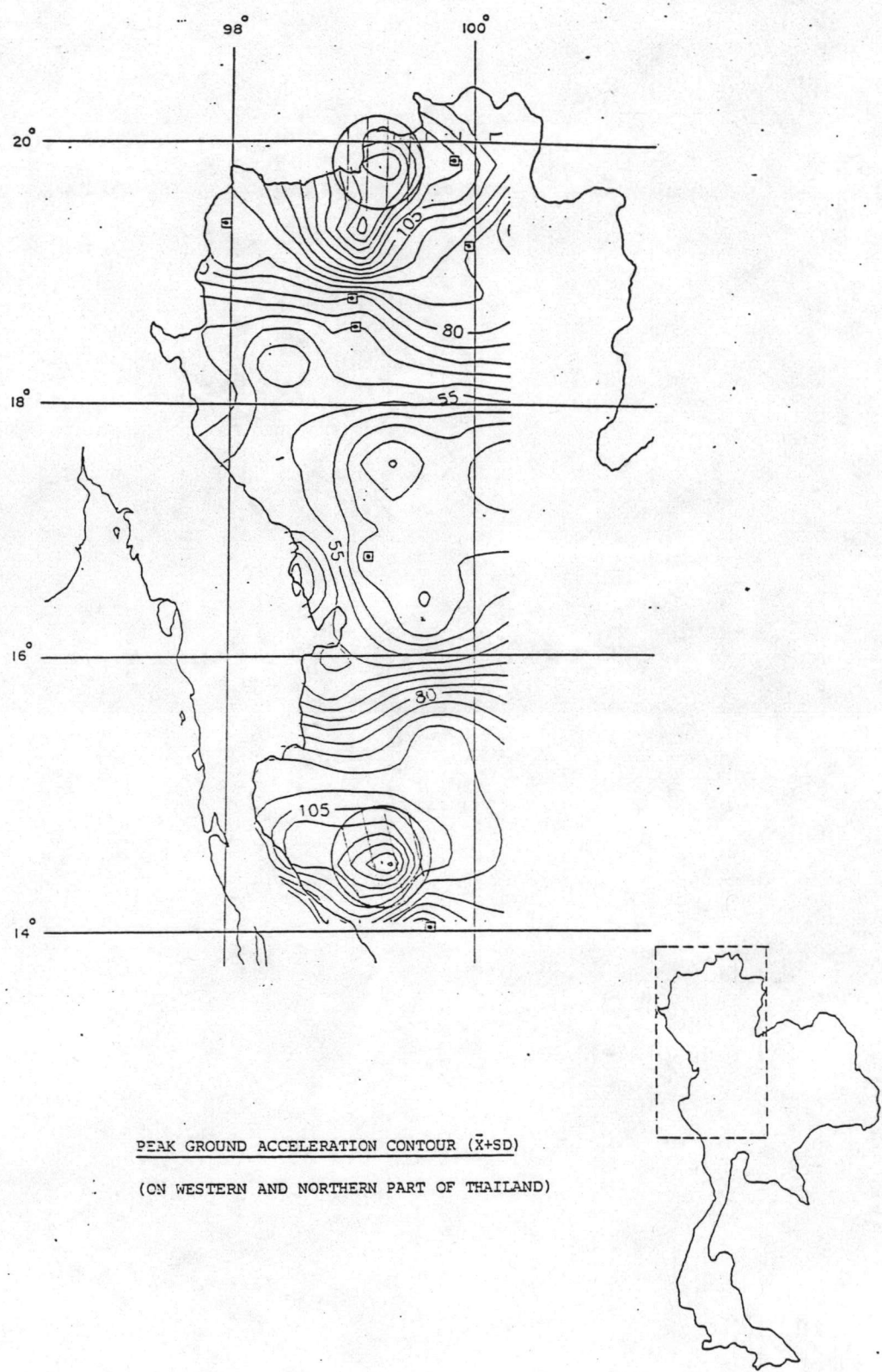
Q <sub>$\bar{X}$</sub>  คือ ค่าความน่าจะเป็นของการเกิดอัตราเร่งไม่เกินค่าอัตราเร่งเฉลี่ย

Q <sub>$\bar{X}+SD$</sub>  คือ ค่าความน่าจะเป็นของการเกิดอัตราเร่งไม่เกินค่าอัตราเร่งเฉลี่ยบวกด้วยความเบี่ยงเบนมาตรฐาน



PEAK GROUND ACCELERATION CONTOUR ( $\bar{x}$ )  
(CN WESTERN AND NORTHERN PART OF THAILAND)

รูปที่ 2.9 เส้นชั้นอัตราเร่งของค่าอัตราเร่งสูงสุดเฉลี่ย



รูปที่ 2.10 เส้นชั้นอัตราเร่งของค่าอัตราเร่งสูงสุดเฉลี่ยบวกด้วยค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน