

### บทที่ 3

#### ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

หลักการออกแบบอาคารต้านทานแผ่นดินไหว ต้องออกแบบโครงสร้างให้มีความเหนียวเพื่อสลายพลังงานขณะเกิดการสั่นไหว ซึ่งสามารถยอมให้เหล็กเสริมถึงจุดครากหรือเกิดรอยร้าวขึ้นกับองค์อาคารได้ สำหรับโครงข้อแข็งนั้นต้องออกแบบให้คานวิบัติก่อนเสาเพื่อมิให้อาคารพังทลายลงมาซึ่งเรียกระบบนี้ว่า เสาแข็งคานอ่อน ดังนั้นเพื่อให้โครงสร้างเป็นไปตามพฤติกรรมนี้ต้องมีกาให้รายละเอียดเหล็กเสริมตามข้อกำหนดจากมาตรฐานต่างๆ

ส่วนประกอบสำคัญสำหรับการออกแบบอาคารต้านทานแผ่นดินไหวคือ

1. การกำหนดแรงแผ่นดินไหว ซึ่งในงานวิจัยนี้พิจารณาแรงจากสองมาตรฐานคือกฎกระทรวงแผ่นดินไหว พ.ศ. 2550 และมาตรฐาน UBC1997 สำหรับกฎกระทรวงมีต้นแบบมาจากมาตรฐาน UBC1985 ซึ่งระดับของแรงอยู่ในช่วงหน่วยแรงใช้งานและเป็นการพัฒนาต่อจากกฎกระทรวงฉบับที่ 49 ซึ่งมีการเพิ่มพื้นที่เสี่ยงภัยขึ้นอีก 2 บริเวณและยังพิจารณาเพิ่มคุณสมบัติของชั้นดินอ่อนมากขึ้นมาประกอบการพิจารณา สำหรับมาตรฐาน UBC1997 ระดับแรงอยู่ในช่วงกำลัง (Strength design) ทั้งยังมีการเปลี่ยนค่าสัมประสิทธิ์การรับแรงต้านข้างจากค่า K เป็นค่า R และยังมีการพิจารณาผลของแผ่นดินไหวในแนวตั้งควบคู่กับผลของระยะทางจากแหล่งกำเนิดของแผ่นดินไหวถึงพื้นที่เสี่ยงภัยนั้น

2. การให้รายละเอียดเหล็กเสริม สำหรับการปฏิบัติตามข้อกำหนดเป็นการทำให้โครงสร้างอยู่ในพฤติกรรมที่ต้องการในขณะที่เกิดแผ่นดินไหว สำหรับข้อกำหนดรายละเอียดของเหล็กเสริมในงานวิจัยนี้พิจารณาจากมาตรฐาน มยผ.1301-50 ซึ่งในมาตรฐานดังกล่าวมีต้นแบบมาจากมาตรฐาน UBC และมาตรฐาน ACI ของประเทศสหรัฐอเมริกา สำหรับในมาตรฐานนี้มีข้อกำหนดในการเสริมเหล็กในคาน เช่น ปริมาณเหล็กเสริมในแต่ละตำแหน่งของคาน ระยะเรียงเหล็กปลอก ขนาดของคาน สำหรับในเสามีข้อกำหนดเช่น ระยะเรียงเหล็กปลอก ระยะทาบของเหล็กยื่น และอัตราส่วนเหล็กเสริมต่ำสุด และในจุดต่อมีการตรวจสอบกำลังเพื่อมิให้จุดต่อวิบัติก่อนคานหรือเสา ซึ่งสำหรับมาตรฐาน UBC หรือ ACI นั้นในพื้นที่เสี่ยงภัยระดับปานกลางนั้นเป็นต้นแบบของมาตรฐาน มยผ.1301-50 แต่ในพื้นที่เสี่ยงภัยระดับสูงข้อกำหนดมีความละเอียดและเข้มงวดมากขึ้น

### 3.1 การกำหนดแรงแผ่นดินไหวจากกฎกระทรวงกำหนดการรับน้ำหนัก ความต้านทาน ความคงทนของอาคาร และพื้นดินที่รองรับอาคารในการต้านทานแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว พ.ศ. 2550

สำหรับกฎกระทรวงฉบับนี้เป็นการปรับปรุงกฎกระทรวงฉบับที่ 49 พ.ศ. 2540 โดยมีการปรับเปลี่ยนข้อมูลต่างให้สอดคล้องกับเหตุการณ์และข้อมูลที่มีปรับปรุงขึ้นมา เช่นการเพิ่มพื้นที่เสี่ยงภัยอีก 2 บริเวณคือจังหวัดกรุงเทพมหานครและปริมณฑล 6 จังหวัดและบริเวณเฝ้าระวังในจังหวัดทางภาคใต้อีก 7 จังหวัด และมีการเพิ่มคุณสมบัติของดินอ่อนมากขึ้นเพื่อพิจารณาให้สอดคล้องกับสภาพจริง

#### 3.1.1 การคำนวณแรงเฉือนที่ฐานของอาคาร

$$V = ZIKCSW \quad (3.1)$$

โดยกฎกระทรวงนี้ได้กำหนดพื้นที่เสี่ยงภัยขึ้นเป็น 3 ระดับ

1. บริเวณที่ 1 คือพื้นที่ที่ตั้งอยู่บนดินอ่อนมากซึ่งอาจได้รับผลจากแผ่นดินไหวระยะไกลคือจังหวัด กรุงเทพมหานครและปริมณฑล 6 จังหวัด
2. บริเวณ 2 คือพื้นที่ที่ตั้งอยู่ใกล้รอยเลื่อนที่อาจได้รับผลกระทบจากแผ่นดินไหวได้แก่จังหวัดทางภาคตะวันตก 1 จังหวัดและจังหวัดทางภาคเหนือ 9 จังหวัด
3. บริเวณเฝ้าระวังโดยมีพื้นที่บริเวณจังหวัดทางภาคใต้ 7 จังหวัด

#### 3.1.2 ค่าสัมประสิทธิ์ความเข้มของแผ่นดินไหว (Z)

บริเวณที่ 1 ใช้เท่ากับ 0.19 หรือมากกว่าและบริเวณที่ 2 ใช้เท่ากับ 0.38 หรือมากกว่า

#### 3.1.3 ตัวคูณเกี่ยวกับการใช้อาคาร (I)

ตารางที่ 3.1

ตัวคูณเกี่ยวกับการใช้อาคาร

ชนิดของอาคาร	I
1.อาคารที่มีความจำเป็นต่อความเป็นอยู่ของสาธารณชน	1.5
2.อาคารที่เป็นที่ชุมนุมครั้งหนึ่งๆได้มากกว่า 300 คน	1.25
3.อาคารอื่นๆ	1

### 3.1.4 ค่าสัมประสิทธิ์ของโครงสร้างอาคารที่รับแรงในแนวราบ (K)

ตารางที่ 3.2

สัมประสิทธิ์ของโครงสร้างอาคารที่รับแรงแนวราบ

ระบบและชนิดโครงสร้างรับแรงในแนวราบ	K
1. โครงสร้างซึ่งได้รับการออกแบบให้กำแพงรับแรงเฉือน (Shear wall) หรือโครงแกนแนง (Brace frame) รับแรงทั้งหมด ในแนวราบ	1.33
2. โครงสร้างซึ่งได้รับการออกแบบให้โครงข้อแข็งซึ่งมีความเหนียว (Ductile moment - resisting space frame) รับแรงทั้งหมดในแนวราบ	0.67
3. โครงสร้างซึ่งได้รับการออกแบบให้โครงต้านแรงดัดที่มีความเหนียวร่วมกับกำแพงรับแรงเฉือนหรือโครงแกนแนงต้านแรงในแนวราบโดยมีข้อกำหนดในการออกแบบดังนี้ ก. โครงต้านแรงดัดซึ่งมีความเหนียวต้องสามารถต้านแรงในแนวราบได้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 25 ของแรงในแนวราบทั้งหมด ข. กำแพงรับแรงเฉือนหรือโครงแกนแนงเมื่อแยกเป็นอิสระจากโครงข้อแข็งซึ่งมีความเหนียวต้องสามารถต้านแรงในแนวราบได้ทั้งหมด ค. โครงต้านแรงดัดซึ่งมีความเหนียวร่วมกับกำแพงรับแรงเฉือนหรือโครงแกนแนงต้องสามารถรับแรงในแนวราบได้ทั้งหมดโดยสัดส่วนของแรงที่กระทำต่อโครงสร้างแต่ละระบบให้เป็นไปตามสัดส่วนความคงตัว (Rigidity) โดยคำนึงถึงการถ่ายเทของแรงระหว่างโครงสร้างทั้งสอง	0.80
4. หอถังน้ำ รองรับด้วยเสาไม่น้อยกว่า 4 ต้นและมีแกนแนงยึดและไม่ได้ตั้งอยู่บนอาคาร หมายเหตุ ผลคูณระหว่างค่า K กับค่า C ให้ใช้ค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.12 และค่าสูงสุดเท่ากับ 0.25	2.5
5. โครงต้านแรงดัดที่มีความเหนียวจำกัดและโครงอาคารระบบอื่น ๆ นอกจากโครงอาคารตาม (1) (2) (3) หรือ (4)	1.0

### 3.1.5 คาบการแกว่งตามธรรมชาติของอาคาร (T)

สำหรับอาคารทั่วไปทุกชนิด ให้คำนวณตามสูตร

$$T = \frac{0.09h_n}{\sqrt{D}} \quad (3.2)$$

สำหรับโครงข้อแข็งที่มีความเหนียว

$$T = 0.1N \quad (3.3)$$

$h_n$  คือความสูงของพื้นอาคารชั้นสูงสุดวัดจากระดับพื้นดินมีหน่วยเป็นเมตร

$D$  ความกว้างของโครงสร้างของอาคารในทิศทางขนานกับแผ่นดินไหว มีหน่วยเป็นเมตร

$N$  จำนวนชั้นของอาคารทั้งหมดที่อยู่เหนือระดับพื้นดิน

### 3.1.6 สัมประสิทธิ์แรงเฉือนที่ฐาน (C)

$$C = \frac{1}{15\sqrt{T}} \quad (3.4)$$

ถ้าคำนวณสัมประสิทธิ์ได้มากกว่า 0.12 ให้ใช้เท่ากับ 0.12

### 3.1.7 สัมประสิทธิ์ของการประสานความถี่ธรรมชาติระหว่างอาคารและชั้นดินที่ตั้งอาคาร

ตารางที่ 3.3

สัมประสิทธิ์ของชั้นดิน

ลักษณะของชั้นดิน	S
หิน	1.0
ดินแข็ง	1.2
ดินอ่อน	1.5
ดินอ่อนมาก	2.5

หากผลคูณระหว่าง CS มากกว่า 0.14 ให้ใช้ 0.14 ยกเว้นกรณีดินอ่อนมากถ้าผลคูณของค่า CS มากกว่า 0.26 ให้ใช้เท่ากับ 0.26

3.1.8 น้ำหนักของตัวอาคาร (W) ค่า W คือน้ำหนักของตัวอาคารทั้งหมดรวมทั้งน้ำหนักอุปกรณ์ซึ่งยึดติดกับที่โดยไม่รวมน้ำหนักบรรทุกจรสำหรับอาคารทั่วไป หรือน้ำหนักของตัวอาคารทั้งหมดรวมกับร้อยละ 25 ของน้ำหนักบรรทุกจรสำหรับโกดังหรือคลังสินค้า

### 3.1.9 การกระจายแรงเฉือนพื้นฐานเป็นแรงกระทำด้านข้างในแต่ละชั้นอาคาร

$$F_t = 0.07TV \leq 0.25V \quad (3.5)$$

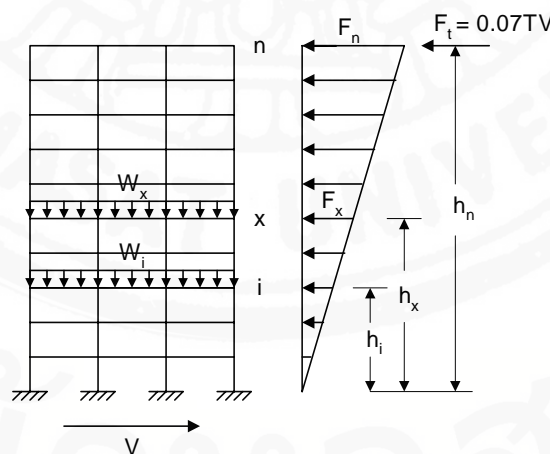
$$F_x = \frac{(V - F_t)W_x h_x}{\sum_{i=1}^n W_i h_i} \quad (3.6)$$

$$V = F_t + \sum F_x \quad (3.7)$$

- $F_t$  แรงแนวราบที่กระทำต่อพื้นชั้นบนสุดของอาคาร  
 $F_x$  แรงแนวราบที่กระทำต่อพื้นชั้นที่  $x$  ของอาคาร  
 $T$  คาบการแกว่งตามธรรมชาติของอาคาร มีหน่วยเป็นวินาที  
 $V$  แรงเฉือนทั้งหมดในแนวราบที่ระดับพื้นดิน  
 $W_x, W_i$  น้ำหนักพื้นอาคารชั้นที่  $x$  และชั้นที่  $i$  ตามลำดับ

รูปที่ 3.1

แรงเฉือนพื้นฐานและการกระจายแรงเฉือนเข้ากระทำแต่ละชั้นของอาคาร



### 3.2 การกำหนดแรงแผ่นดินไหวจาก มาตรฐาน Uniform Building Code ค.ศ. 1997

(International Conference of Building officials, 1997)

สำหรับมาตรฐานนี้การกำหนดแรงในการออกแบบโครงสร้างเพื่อต้านทานแผ่นดินไหวนั้นการกำหนดระดับของแรงเป็นไปตามระดับของพื้นที่เสี่ยงภัยโดยแต่ละพื้นนั้นมีค่า

ข้อมูลที่แตกต่างกันไปและมีข้อจำกัดในการใช้วิธีนี้โดยโครงสร้างอาคารที่มีลักษณะและรูปแบบต่อไปนี้นั้นจึงสามารถใช้แรงสถิตย์เทียบเท่าตามมาตรฐานนี้ในการออกแบบได้

1. โครงสร้างทุกประเภทที่มีลักษณะปกติและไม่ปกติในพื้นที่เสี่ยงภัยระดับต่ำและอาคารประเภทการใช้งานที่ 4 และ 5 ในเขตพื้นที่เสี่ยงภัยระดับปานกลาง
2. โครงสร้างปกติที่มีความสูงน้อยกว่า 73.152 ม.
3. โครงสร้างรูปทรงไม่ปกติมีจำนวนชั้นน้อยกว่า 5 ชั้นและความสูงไม่เกิน 19.8 ม.
4. โครงสร้างซึ่งส่วนบนของโครงสร้างมีลักษณะอ่อนและรองรับด้วยส่วนล่างที่มีลักษณะแกร่งมากกว่าโดยส่วนของโครงสร้างแยกจากกันโครงสร้างลักษณะนี้ถือว่าเป็นโครงสร้างปกติ

### 3.2.1 แรงเฉือนพื้นฐานของอาคาร

$$V = \frac{C_v I}{RT} W \quad (3.8)$$

โดยที่  $0.11C_d I W < V < 2.5C_d I W/R$

3.2.2 สัมประสิทธิ์ของแผ่นดินไหวที่แปรตามความเร็ว ( $C_v$ ) เป็นค่าที่เกี่ยวข้องกับค่าสัมประสิทธิ์ความเข้มของแผ่นดินไหว (Seismic zone factor) ซึ่งขึ้นกับคุณสมบัติของชั้นดินที่อยู่ใต้อาคาร

3.2.3 ตัวคูณเกี่ยวกับการใช้อาคาร ( $I$ ) ซึ่งเป็นค่าที่เกี่ยวข้องกับการใช้และความสำคัญของอาคาร เช่นอาคารที่ต้องรองรับภัยพิบัติ เช่น โรงพยาบาลและสถานีนับเพลิงหรืออาคารเก็บวัตถุอันตรายที่มีค่าเท่ากับ 1.25 ซึ่งมีค่าสูงสุดสำหรับอาคารโดยทั่วไปและอาคารที่ชุมนุมชนมากกว่า 300 คน นั้นใช้ค่าเท่ากับ 1

3.2.4 สัมประสิทธิ์ของแผ่นดินไหวที่แปรตามความเร่ง ( $C_d$ ) เป็นค่าที่เกี่ยวข้องกับค่าสัมประสิทธิ์ความเข้มของแผ่นดินไหว (Seismic zone factor) ซึ่งขึ้นกับคุณสมบัติของชั้นดินที่อยู่ใต้อาคาร

3.2.5 ค่าสัมประสิทธิ์เชิงตัวเลขของของระบบต้านทานแรงแนวราบ ( $R$ ) โดยค่า  $R$  มาจากค่า  $K$  ในมาตรฐาน UBC1985 โดยค่าส่วนกลับของ  $R$  นั้นมีค่าเท่ากับค่า  $K$  และค่า  $R$  นั้นได้แบ่งตามโครงสร้าง 6 ประเภท ซึ่งการมีจำนวนย่อยประเภทโครงสร้างลงไปในแต่ละประเภท ดังนั้นการใช้แรงจึงมีหลายระดับให้สอดคล้องกับรูปแบบของโครงสร้างในแต่ละประเภท

3.2.6 คาบการแกว่งธรรมชาติของอาคาร ( $T$ ) มี 2 วิธีสำหรับการหาค่า

วิธี A ค่า  $T$  ของอาคารทุกประเภทอาจประมาณสมการดังนี้



$$T = C_t (h_n)^{3/4} \quad (3.9)$$

$C_t = 0.0853$  สำหรับโครงสร้างเหล็ก

$C_t = 0.0731$  สำหรับโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก

$C_t = 0.0488$  สำหรับอาคารประเภทอื่น

สำหรับโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กและกำแพงรับแรงเฉือนอิฐก่อค่า  $C_t$  ต้องคำนวณโดย

$$C_t = \frac{0.0743}{\sqrt{A_c}} \quad (3.10)$$

$$A_c = \sum A_e (0.2 + (D_e / h_n)^2)$$

$$D_e / h_n < 0.9$$

วิธี B

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\left( \sum_{i=1}^n w_i \delta_i^2 \right)}{\left( g \sum_{i=1}^n f_i \delta_i \right)}} \quad (3.11)$$

สำหรับวิธีนี้ค่า  $T$  ที่ได้ต้องไม่มากกว่าค่า  $T$  จากการคำนวณด้วยวิธี A ร้อยละ 40

**3.2.7 น้ำหนักบรรทุกคงที่ทั้งหมด ( $W$ )** คือน้ำหนักของตัวอาคารทั้งหมดรวมทั้งน้ำหนักอุปกรณ์ที่ยึดตรึงกับที่โดยไม่รวมน้ำหนักบรรทุกจรสำหรับอาคารทั่วไป หรือน้ำหนักของตัวอาคารทั้งหมดรวมกับร้อยละ 25 ของน้ำหนักบรรทุกจรสำหรับโกดังหรือคลังสินค้า

การกระจายแรงเฉือนที่ฐานเข้ากระทำในแต่ละชั้นของโครงสร้างใช้วิธีเดียวกับกฎกระทรวงแผ่นดินไหว พ.ศ. 2550

### 3.3 ความเหนียวของโครงสร้าง (Ductility)

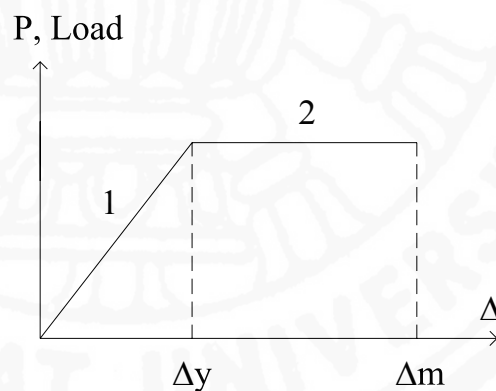
แรงที่กระทำกับอาคารขณะที่เกิดแผ่นดินไหวนั้นเป็นแรงที่มีขนาดสูงมาก ดังนั้นในการออกแบบในช่วงอีลาสติคจึงทำให้ขนาดขององค์อาคารต่างๆที่ต้านทานมีขนาดใหญ่โตมาก และแผ่นดินไหวขนาดใหญ่เป็นภัยพิบัติที่รอบการเกิดมีเวลานานมากจึงไม่คุ้มค่าในการออกแบบ

ในช่วงอีลาสติคั้น ดังนั้นในการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหวจึงยอมให้โครงสร้างอยู่ในช่วงอินอีลาสติคได้คือยอมให้โครงสร้างเกิดความเสียหายได้บ้างเช่นเกิดรอยร้าวหรือเหล็กเสริมครากแต่ไม่ยอมให้โครงสร้างเกิดการวิบัติแบบทันทีทันใด

เมื่อยอมให้โครงสร้างเสียรูปหรือเสียหายได้บ้าง จึงเป็นการลดแรงหรือการสั่นไหวของอาคารลงซึ่งทำให้โครงสร้างเกิดความเสียหายน้อยลงโดยอธิบายได้จากรูปที่ 3.2 ในช่วงที่ 1 เมื่อเกิดแผ่นดินไหวโครงสร้างเริ่มเสียรูปแต่ยังอยู่ในช่วงยืดหยุ่น (Elastic) จนกระทั่งเข้าสู่ช่วงที่ 2 เหล็กเสริมเริ่มครากคอนกรีตเริ่มมีรอยแตกร้าวแต่ความสามารถในการรับน้ำหนักยังไม่ลดลงนั่นคือแม้โครงสร้างได้รับผลจากแรงสั่นสะเทือนแต่ยังสามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้เท่าเดิม ดังนั้นความเหนียวคือสถานะที่โครงสร้างเสียรูปได้มากโดยไม่สูญเสียความสามารถในการรับน้ำหนัก (อมร พิมาณมาศ, 2541)

รูปที่ 3.2

การเสียรูปที่จุดครากและจุดวิบัติ



$\Delta_y$  การเสียรูปที่จุดคลาก

$\Delta_m$  การเสียรูปที่เกิดการวิบัติ

โดยความเหนียวของโครงสร้างสามารถวัดได้จากอัตราส่วนความเหนียว (Ductility ratio)

$$\mu_{\Delta} = \Delta_m / \Delta_y \quad (1)$$



ดังนั้นความเหนียวของหน้าตัดหรือการเกิดจุดหมุนพลาสติกต้องเกิดในเงื่อนไขที่เหล็กเสริมครากโดยที่คอนกรีตไม่เกิดการบดแตก(Crushing) หรือการวิบัติแบบแรงเฉือน (Shear failure) และเหล็กถูกดึงรูดจากคอนกรีต(Bond pull out failure) ซึ่งถ้าเกิดการวิบัติในสามรูปแบบเป็นการวิบัติแบบเปราะ ฉะนั้นเมื่อเกิดจุดหมุนพลาสติกขึ้นมาโครงสร้างจึงสามารถสลายพลังงานและลดแรงเฉื่อยที่กระทำกับโครงสร้างได้และเมื่อเรากำหนดให้เสามีความเหนียวมากพอที่ทำให้คานเกิดจุดหมุนพลาสติกได้ก่อน โครงสร้างของอาคารนี้จึงไม่วิบัติที่เสาและนั่นสามารถทำให้โครงสร้างไม่เกิดการวิบัติแบบทันทีทันใดนั่นก็คือหลักการการออกแบบโครงสร้างแบบเสาแข็งคานอ่อน(Weak beam-strong column)

### 3.4 ข้อกำหนดทั่วไปขององค์อาคารในแต่ละมาตรฐาน

#### 3.4.1 มยผ.1301-50 (กรมโยธาธิการและผังเมือง, 2550)

มาตรฐานประกอบการออกแบบอาคารเพื่อต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหวเป็นมาตรฐานที่กรมโยธาธิการและผังเมืองทำขึ้นเพื่อเพิ่มเติมรายละเอียดการคำนวณออกแบบอาคารในกฎกระทรวงแผ่นดินไหว (พ.ศ. 2550) โดยในมาตรฐานนี้มีการเพิ่มเติมการจำแนกอาคารตามลักษณะรูปทรงของโครงสร้างและรายละเอียดเหล็กเสริมในแต่ละองค์อาคารเช่นคาน เสา และข้อต่อของโครงข้อแข็งที่มีความเหนียวจำกัดและการเสริมเหล็กของพื้นไร้คาน ซึ่งมาตรฐานนี้อ้างอิงจากมาตรฐาน UBC และ ACI ในพื้นที่เสี่ยงภัยระดับปานกลาง

#### 3.4.2 มาตรฐาน ว.ส.ท. 1008-38 (สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย, 2548)

จากการพิจารณาเนื้อหาของมาตรฐานนี้มีพื้นฐานจากกับมาตรฐาน ACI 318 – 89 ในพื้นที่เสี่ยงภัยระดับต่ำและในหัวข้อรายละเอียดเหล็กเสริมนั้นไม่พบข้อกำหนดที่ทำให้โครงสร้างอยู่ในสภาวะอินอีลาสติกซึ่งมาตรฐานนี้เหมาะสมในการใช้ออกแบบโครงสร้างในพื้นที่ที่มีความเสี่ยงภัยจากแผ่นดินไหวในระดับต่ำหรือนอกเขตบังคับใช้กฎหมาย

#### 3.4.3 มาตรฐาน Uniform building code (UBC1997)

มาตรฐานนี้มีข้อกำหนดที่ละเอียดมากโดยแยกข้อกำหนดของโครงสร้างต่างๆจากระดับความเสี่ยงภัยโดยข้อกำหนดทั่วไปของคอนกรีตเสริมเหล็กต้านทานแผ่นดินไหวดูได้จากหัวข้อโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กต้านทานแรงที่เกิดจากแผ่นดินไหว (Section 1921 Reinforced concrete structures resisting force induce by earthquake motion) สำหรับพื้นที่เสี่ยงภัยระดับสูง (Zone 3, 4) นั้นมีรายละเอียดมากในทุกรูปแบบของโครงสร้างและในพื้นที่เสี่ยงภัยระดับปานกลาง (Zone 2A, 2B) นั้นมีข้อกำหนดที่เข้มงวดรองลงมาซึ่งประเทศไทยได้นำข้อกำหนดของพื้นที่เสี่ยงภัยนี้มาปรับใช้กับโครงสร้างต้านทานแผ่นดินไหวในประเทศและสำหรับพื้นที่เสี่ยงภัยระดับต่ำ (Zone 1, 0) ดูได้จากหัวข้ออื่นทั่วไป

### 3.4.4 มาตรฐาน ACI 318-02 (American concrete institute, 2002)

ในมาตรฐานนี้ไม่มีวิธีการกำหนดแรงสถิติเทียบเท่าของแผ่นดินไหวที่กระทำกับโครงสร้างโดยในมาตรฐานกำหนดให้ดูวิธีการกำหนดแรงจากมาตรฐาน UBC, IBC และ ASCE แทนดังนั้นในมาตรฐานนี้มีเพียง ข้อกำหนดทั่วไปเช่น รายละเอียดเหล็กเสริมหรือขนาดขององค์อาคารรูปแบบต่างๆและจากนั้นมาตรฐาน ACI ฉบับต่อมาได้เปลี่ยนลักษณะของความต้องการทั่วไปตามพื้นที่เสี่ยงภัยตามมาตรฐาน IBC ดังนั้นพื้นที่เสี่ยงภัยจึงไม่เหมือนกับมาตรฐาน ACI 318-02 ดังนั้นเพื่อให้สอดคล้องกับมาตรฐาน UBC1997 จึงใช้มาตรฐาน ACI318-02 นี้เป็นตัวเปรียบเทียบ มาตรฐาน ACI 318-02 ในพื้นที่เสี่ยงภัยระดับปานกลางนั้นเป็นข้อกำหนดหลักของโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กต้านทานแผ่นดินไหวดูได้จากหัวข้อรายละเอียดพิเศษสำหรับการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหว (Chapter 21 Special provisions for seismic design) สำหรับพื้นที่เสี่ยงภัยระดับสูง (High) และระดับปานกลาง(Moderate)สำหรับพื้นที่เสี่ยงภัยระดับต่ำ(Low) ดูได้จากหัวข้ออื่นทั่วไปซึ่งข้อกำหนดโดยทั่วไปมีความคล้ายคลึงกับมาตรฐาน UBC1997