บทที่ 3

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

หลักการออกแบบอาคารต้านทานแผ่นดินไหว ต้องออกแบบโครงสร้างให้มีความเหนียวเพื่อสลายพลังงานขณะเกิดการสั่นไหว ซึ่งสามารถยอมให้เหล็กเสริมถึงจุดครากหรือเกิดรอยร้าวขึ้นกับองค์อาคารได้ สำหรับโครงข้อแข็งนั้นต้องออกแบบให้คานวิบัติก่อนเสาเพื่อมิให้อาคารพังทลายลงมาซึ่งเรียกระบบนี้ว่า เสาแข็งคานอ่อน ดังนั้นเพื่อให้โครงสร้างเป็นไปตามพฤติกรรมนี้ต้องมีการให้รายละเอียดเหล็กเสริมตามข้อกำหนดจากมาตรฐานต่างๆ

ส่วนประกอบสำคัญสำหรับการออกแบบอาคารต้านทานแผ่นดินไหวคือ

1. การกำหนดแรงแผ่นดินไหว ซึ่งในงานวิจัยนี้พิจารณาแรงจากสองมาตรฐานคือ กฎกระทรวงแผ่นดินไหว พ.ศ. 2550 และมาตรฐาน UBC1997 สำหรับกฎกระทรวงมีต้นแบบมาจากมาตรฐาน UBC1985 ซึ่งระดับของแรงอยู่ในช่วงหน่วยแรงใช้งานและเป็นการพัฒนาต่อจากกฎกระทรวงฉบับที่ 49 ซึ่งมีการเพิ่มพื้นที่เสี่ยงภัยขึ้นอีก 2 บริเวณและยังพิจารณาเพิ่มคุณสมบัติของชั้นดินอ่อนมากขึ้นมาประกอบการพิจารณา สำหรับมาตรฐาน UBC1997 ระดับแรงอยู่ในช่วงกำลัง (Strength design) ทั้งยังมีการเปลี่ยนค่าสัมประสิทธิ์การรับแรงด้านข้างจากค่า K เป็นค่า R และยังมีการพิจารณาผลของแผ่นดินไหวในแนวดิ่งควบคู่กับผลของระยะทางจากแหล่งกำเนิดของแผ่นดินไหวถึงพื้นที่เสี่ยงภัยนั้น

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

3.1 การกำหนดแรงแผ่นดินไหวจากกฎกระทรวงกำหนดการรับน้ำหนัก ความต้านทาน ความคงทนของอาคาร และพื้นดินที่รองรับอาคารในการต้านทานแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว พ.ศ. 2550

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

3.1.1 การคำนวณแรงเฉือนที่ฐานของอาคาร

$$V = ZIKCSW \tag{3.1}$$

โดยกฎกระทรวงนี้ได้กำหนดพื้นที่เสี่ยงภัยขึ้นเป็น 3 ระดับ

1. บริเวณที่ 1 คือพื้นที่ที่ตั้งอยู่บนดินอ่ออนมากซึ่งอาจได้รับผลจากแผ่นดินไหวระยะไกลคือจังหวัด 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) หรือโครงแกงแนง (Brace frame)รับแรงทั้งหมด ในแนวราบ	1.33
2.โครงสร้างซึ่งได้รับการออกแบบให้โครงข้อแข็งซึ่งมีความเหนียว(Ductile moment - resisting space frame)รับแรงทั้งหมดในแนวราบ	0.67
3.โครงสร้างซึ่งได้รับการออกแบบให้โครงต้านแรงดัดที่มีความเหนียวร่วมกับกำแพงรับแรงเฉือนหรือโครงแกงแนงต้านแรงในแนวราบโดยมีข้อกำหนดในการออกแบบดังนี้ ก.โครงต้านแรงดัดซึ่งมีความเหนียวต้องสามารถต้านแรงในแนวราบได้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 25 ของแรงในแนวราบทั้งหมด ข.กำแพงรับแรงเฉือนหรือโครงแกงแนงเมื่อแยกเป็นอิสระจากโครงข้อแข็งซึ่งมีความเหนียวต้องสามารถต้านแรงในแนวราบได้ทั้งหมด ค.โครงต้านแรงดัดซึ่งมีความเหนียวร่วมกับกำแพงรับแรงเฉือนหรือโครงแกงแนงต้องสามารถรับแรงในแนวราบได้ทั้งหมดโดยสัดส่วนของแรงที่กระทำต่อโครงสร้างแต่ละระบบให้เป็นไปตามสัดส่วนความคงตัว (Rigidity) โดยคำนึงถึงการถ่ายเทของแรงระหว่างโครงสร้างทั้งสอง	0.80
4.หอถังน้ำ รองรับด้วยเสาไม่น้อยกว่า 4 ต้นและมีแกงแนงยึดและไม่ได้ตั้งอยู่บนอาคาร <u>หมายเหตุ</u> ผลคูณระหว่างค่า K กับค่า C ให้ใช้ค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.12 และค่าสูงสุดเท่ากับ 0.25	2.5
5.โครงต้านแรงดัดที่มีความเหนียวจำกัดและโครงอาคารระบบอื่นๆนอกจากโครงอาคารตาม (1) (2) (3) หรือ (4)	1.0

3.1.5 **คาบการแกว่งตามธรรมชาติของอาคาร (T)**

สำหรับอาคารทั่วไปทุกชนิด ให้คำนวณตามสูตร

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

สำหรับโครงข้อแข็งที่มีความเหนียว

$$T = 0.1N \tag{3.3}$$

h_n คือความสูงของพื้นอาคารชั้นสูงสุดวัดจากระดับพื้นดินมีหน่วยเป็นเมตร

D ความกว้างของโครงสร้างของอาคารในทิศทางขนานกับแผ่นดินไหว มีหน่วยเป็นเมตร

N จำนวนชั้นของอาคารทั้งหมดที่อยู่เหนือระดับพื้นดิน

3.1.6 **สัมประสิทธิ์แรงเฉือนที่ฐาน** (C)

$$C = \frac{1}{15\sqrt{T}} \tag{3.4}$$

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 คือน้ำหนักของตัวอาคารทั้งหมดรวมทั้งน้ำหนักอุปกรณ์ซึ่งยึดตรึงกับที่โดยไม่รวมน้ำหนักบรรทุกจรสำหรับอาคารทั่วไป หรือน้ำหนักของตัวอาคารทั้งหมดรวมกับร้อยละ 25 ของน้ำหนักบรรทุกจรสำหรับโกดังหรือคลังสินค้า

3.1.9 การกระจายแรงเฉือนที่ฐานเป็นแรงกระทำด้านข้างในแต่ละชั้นอาคาร

$$F_t = 0.07TV \le 0.25V \tag{3.5}$$

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

$$V = F_t + \Sigma F_x \tag{3.7}$$

F_t แรงแนวราบที่กระทำต่อพื้นชั้นบนสุดของอาคาร

F_x แรงแนวราบที่กระทำต่อพื้นชั้นที่ x ของอาคาร

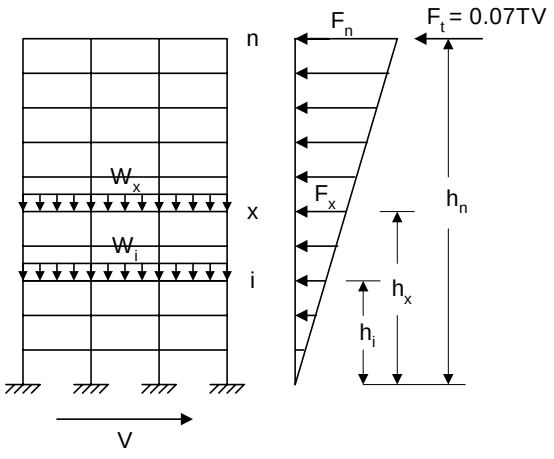
T คาบการแกว่งตามธรรมชาติของอาคาร มีหน่วยเป็นวินาที

V แรงเฉือนทั้งหมดในแนวราบที่ระดับพื้นดิน

W_x, W_i น้ำหนักพื้นอาคารชั้นที่ x และชั้นที่ i ตามลำดับ

รูปที่ 3.1

แรงเฉือนที่ฐานและการกระจายแรงเฉือนเข้ากระทำแต่ละชั้นของอาคาร



3.2 การกำหนดแรงแผ่นดินไหวจาก มาตรฐาน Uniform Building Code ค.ศ. 1997 (International Conference of Building officials, 1997)

สำหรับมาตรฐานนี้การกำหนดแรงในการออกแบบโครงสร้างเพื่อต้านทานแผ่นดินไหวนั้นการกำหนดระดับของแรงเป็นไปตามระดับของพื้นที่เสี่ยงภัยโดยแต่ละพื้นนั้นมีค่า

ข้อมูลที่แตกต่างกันไปและมีข้อจำกัดในการใช้วิธีนี้โดยโครงสร้างอาคารที่มีลักษณะและรูปแบบต่อไปนี้เท่านั้นจึงสามารถใช้แรงสถิตย์เทียบเท่าตามมาตรฐานนี้ในการออกแบบได้

1. โครงสร้างทุกประเภทที่มีลักษณะปกติและไม่ปกติในพื้นที่เสี่ยงภัยระดับต่ำและอาคารประเภทการใช้งานที่ 4 และ 5 ในเขตพื้นที่เสี่ยงภัยระดับปานกลาง

2. โครงสร้างปกติที่มีความสูงน้อยกว่า 73.152 ม.

3. โครงสร้างรูปทรงไม่ปกติมีจำนวนชั้นน้อยกว่า 5 ชั้นและความสูงไม่เกิน 19.8 ม.

4. โครงสร้างซึ่งส่วนบนของโครงสร้างมีลักษณะอ่อนและรองรับด้วยส่วนล่างที่มีลักษณะแกร่งมากกว่าโดยส่วนของโครงสร้างแยกจากกันโครงสร้างลักษณะนี้ถือว่าเป็นโครงสร้างปกติ

3.2.1 แรงเฉือนที่ฐานของอาคาร

$$V = \frac{C_v I}{RT} W \tag{3.8}$$

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

3.2.2 สัมประสิทธิ์ของแผ่นดินไหวที่แปรตามความเร็ว(C_v) เป็นค่าที่เกี่ยวกับค่าสัมประสิทธิ์ความเข้มของแผ่นดินไหว (Seismic zone factor) ซึ่งขึ้นกับคุณสมบัติของชั้นดินที่อยู่ใต้อาคาร

3.2.3 ตัวคูณเกี่ยวกับการใช้อาคาร (I) ซึ่งเป็นค่าที่เกี่ยวกับการใช้และความสำคัญของอาคาร เช่นอาคารที่ต้องรองรับรับภัยพิบัติ เช่น โรงพยาบาลและสถานีดับเพลิงหรืออาคารเก็บวัตถุอันตรายที่มีค่าเท่ากับ 1.25 ซึ่งมีค่าสูงสุดสำหรับอาคารโดยทั่วไปและอาคารที่ชุมนุมชนมากกว่า 300 คน นั้นใช้ค่าเท่ากับ 1

3.2.4 สัมประสิทธิ์ของแผ่นดินไหวที่แปรตามความเร่ง (C_a) เป็นค่าที่เกี่ยวกับค่าสัมประสิทธิ์ความเข้มของแผ่นดินไหว (Seismic zone factor) ซึ่งขึ้นกับคุณสมบัติของชั้นดินที่อยู่ใต้อาคาร

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

3.2.6 คาบการแกว่งธรรมชาติของอาคาร (T) มี 2 วิธีสำหรับการหาค่า

วิธี A ค่า T ของอาคารทุกประเภทอาจประมาณสมการดังนี้

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

C_t = 0.0853 สำหรับโครงสร้างเหล็ก

C_t = 0.0731 สำหรับโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก

C_t = 0.0488 สำหรับอาคารประเภทอื่น

สำหรับโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กและกำแพงรับแรงเฉือนอิฐก่อค่า C_t ต้องคำนวณโดย

$$C_t = \frac{0.0743}{\sqrt{A_c}} \tag{3.10}$$

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

$$D_e / h_n < 0.9$$

วิธี B

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

สำหรับวิธีนี้ค่า T ที่ได้ต้องไม่มากกว่าค่า T จากการคำนวณด้วยวิธี A ร้อยละ 40

3.2.7 **น้ำหนักบรรทุกคงที่ทั้งหมด** (W) คือน้ำหนักของตัวอาคารทั้งหมดรวมทั้งน้ำหนักอุปกรณ์ซึ่งยึดตรึงกับที่โดยไม่รวมน้ำหนักบรรทุกจรสำหรับอาคารทั่วไป หรือน้ำหนักของตัวอาคารทั้งหมดรวมกับร้อยละ 25 ของน้ำหนักบรรทุกจรสำหรับโกดังหรือคลังสินค้า

การกระจายแรงเฉือนที่ฐานเข้ากระทำในแต่ละชั้นของโครงสร้างใช้วิธีเดียวกับกฎกระทรวงแผ่นดินไหว พ.ศ. 2550

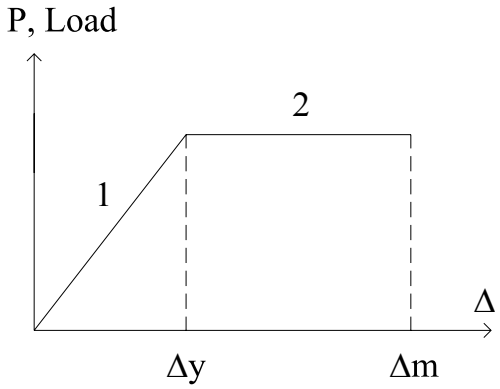
3.3 **ความเหนียวของโครงสร้าง** (Ductility)

แรงที่กระทำกับอาคารขณะที่เกิดแผ่นดินไหวนั้นเป็นแรงที่มีขนาดสูงมาก ดังนั้นในการออกแบบในช่วงอีลาสติคจึงทำให้ขนาดขององค์อาคารต่างๆที่ต้านทานมีขนาดที่ใหญ่โตมาก และแผ่นดินไหวขนาดใหญ่เป็นภัยพิบัติที่รอบการเกิดมีเวลานานมากจึงไม่คุ้มค่าในการออกแบบ

ในช่วงอีลาสติคนั้น ดังนั้นในการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหวจึงยอมให้โครงสร้างอยู่ในช่วงอินอีลาสติคได้คือยอมให้โครงสร้างเกิดความเสียหายได้บ้างเช่นเกิดรอยร้าวหรือเหล็กเสริมครากแต่ไม่ยอมให้โครงสร้างเกิดการวิบัติแบบทันทีทันใด

เมื่อยอมให้โครงสร้างเสียรูปหรือเสียหายได้บ้าง จึงเป็นการลดแรงหรือการสั่นไหวของอาคารลงซึ่งทำให้โครงสร้างเกิดความเสียหายน้อยลงโดยอธิบายได้จากรูปที่ 3.2 ในช่วงที่ 1 เมื่อเกิดแผ่นดินไหวโครงสร้างเริ่มเสียรูปแต่ยังอยู่ในช่วงยืดหยุ่น (Elastic) จนกระทั่งเข้าสู่ช่วงที่ 2 เหล็กเสริมเริ่มครากคอนกรีตเริ่มมีรอยแตกร้าวแต่ความสามารถในการรับน้ำหนักยังไม่ลดลงนั้นคือแม้โครงสร้างได้รับผลจากแรงสั่นสะเทือนแต่ยังสามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้เท่าเดิม ดังนั้นความเหนียวคือสภาวะที่โครงสร้างเสียรูปได้มากโดยไม่สูญเสียความสามารถในการรับน้ำหนัก (อมร พิมานมาศ, 2541)

รูปที่ 3.2
การเสียรูปที่จุดครากและจุดวิบัติ



Δy การเสียรูปที่จุดคลาก
Δm การเสียรูปที่เกิดการวิบัติ

โดยความเหนียวของโครงสร้างสามารถวัดได้จากอัตราส่วนความเหนียว(Ductility ratio)

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

ดังนั้นความเหนียวของหน้าตัดหรือการเกิดจุดหมุนพลาสติคต้องเกิดในเงื่อนไขที่เหล็กเสริมครากโดยที่คอนกรีตไม่เกิดการบดแตก(Crushing) หรือการวิบัติแบบแรงเฉือน (Shear failure) และเหล็กถูกดึงรูดจากคอนกรีต(Bond pull out failure) ซึ่งถ้าเกิดการวิบัติในสามรูปแบบเป็นการวิบัติแบบเปราะ ฉนั้นเมื่อเกิดจุดหมุนพลาสติคขึ้นมาโครงสร้างจึงสามารถสลายพลังงานและลดแรงเฉื่อยที่กระทำกับโครงสร้างได้และเมื่อเรากำหนดให้เสามีความเหนียวมากพอที่ทำให้คานเกิดจุดหมุนพลาสติคได้ก่อน โครงสร้างของอาคารนี้จึงไม่วิบัติที่เสาและนั้นสามารถทำให้โครงสร้างไม่เกิดการวิบัติแบบทันทีทันใดนั้นก็คือหลักการการออกแบบโครงสร้างแบบเสาแข็งคานอ่อน(Weak beam-strong column)

3.4 ข้อกำหนดทั่วไปขององค์อาคารในแต่ละมาตรฐาน

3.4.1 มยผ.1301-50 (กรมโยธาธิการและผังเมือง, 2550)

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

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

จากการพิจารณาเนื้อหาของมาตรฐานนี้มีพื้นฐานจากกับมาตรฐาน ACI 318 – 89 ในพื้นที่เสี่ยงภัยระดับต่ำและในหัวข้อรายละเอียดเหล็กเสริมนั้นไม่พบข้อกำหนดที่ทำให้โครงสร้างอยู่ในสภาวะอินอีลาสติคซึ่งมาตรฐานนี้เหมาะสมในการใช้ออกแบบโครงสร้างในพื้นที่ที่มีความเสี่ยงภัยจากแผ่นดินไหวในระดับต่ำหรือนอกเขตบังคับใช้กฎหมาย

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)

ในมาตรฐานนี้ไม่มีวิธีการกำหนดแรงสถิตเทียบเท่าของแผ่นดินไหวที่กระทำกับโครงสร้างโดยในมาตรฐานกำหนดให้ดูวิธีการกำหนดแรงจากมาตรฐาน 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