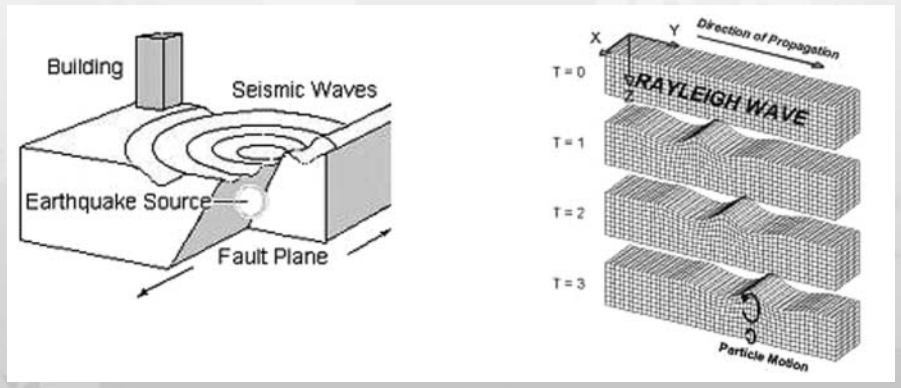
อิทธิพลของแผ่นดินไหวต่อ อาคารและสิ่งปลูกสร้าง

วีระชัย วาริยาตร์

แผ่นดินไหว เป็นภัยพิบัติทางธรรมชาติ ที่เกิดจากการสั่นสะเทือนของพื้นดิน เพื่อปลดปล่อยพลังงานความเครียด (stress energy) ที่สะสมอยู่ภายในโลกออกมา ซึ่งเป็นการปรับสมดุลทางธรรมชาติ คลื่นแผ่นดินไหวที่เดินทางไปบนพื้นดิน จะทำให้สิ่งปลูกสร้างเกิดการสั่นไหว ซึ่งอาจก่อให้เกิดความเสียหายแก่สิ่งปลูกสร้าง เช่น แตกร้าว หรือพังทลาย และก่อให้เกิดความเสียหายจำนวนมากทั้งชีวิตและทรัพย์สิน อย่างไรก็ตามอันตรายที่เกิดจากภัยพิบัติชนิดนี้สามารถป้องกันและลดอันตรายได้ด้วยการใช้วัสดุหรือเทคโนโลยีป้องกันแผ่นดินไหวที่เหมาะสม

แผ่นดินไหว หรือ earthquake เป็นคำที่ใช้เรียกภัยพิบัติทางธรรมชาติ ที่เกิดจากการสั่นสะเทือนของพื้นดินเพื่อปลดปล่อยพลังงานความเครียด ที่สะสมอยู่ภายในโลกออกมา ซึ่งเป็นการปรับสมดุลทางธรรมชาติ โดยสาเหตุของภัยพิบัตินี้เชื่อกันว่า อาจเกิดจากการเคลื่อนตัวของรอยเลื่อนที่มีพลัง (active fault) หรืออาจเกิดจากการขยายตัวของเปลือกโลก

เพื่อทำความเข้าใจถึงอิทธิพลของแผ่นดินไหวต่อสิ่งปลูกสร้าง จำเป็นต้องเข้าใจการสั่นสะเทือนของพื้นดินที่เกิดขึ้นจากคลื่นแผ่นดินไหว กล่าวคือ แผ่นดินไหวส่วนใหญ่เป็นผลมาจากการเคลื่อนตัวอย่างรวดเร็วของรอยเลื่อนภายในเปลือกโลก และปลดปล่อยพลังงานที่สะสม โดยพลังงานที่ปล่อยออกมานี้จะเดินทางสู่เปลือกโลกในรูปแบบของคลื่นแผ่นดินไหว และเมื่อถึงเปลือกโลกก็จะตั้งต้นเป็นคลื่นการสั่นสะเทือนที่เดินทางไปบนพื้นดิน ตามที่แสดงในภาพที่ 1 [Reference Sources] โดยปกติพลังงานของคลื่นแผ่นดินไหวจะลดลงตามระยะทาง ดังนั้นเมื่อสิ่งปลูกสร้างอยู่ห่างไกลมากจากศูนย์กลางแผ่นดินไหว ทำให้ไม่รู้สึกถึงการสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้น ในกรณีที่คลื่นการสั่นสะเทือนของพื้นดินมีพลังงานมาก เมื่อเดินทางถึงสิ่งปลูกสร้าง จะทำให้สิ่งปลูกสร้างเกิดการสั่นไหว เริ่มต้นจากฐานราก แล้วส่งต่อการสั่นสะเทือนไปยังส่วนที่เหลือของสิ่งปลูกสร้าง ซึ่งอาจก่อให้เกิดความเสียหายแก่สิ่งปลูกสร้าง เช่น แตกร้าว หรือพังทลาย ขึ้นอยู่กับระดับพลังงานของการสั่นสะเทือน

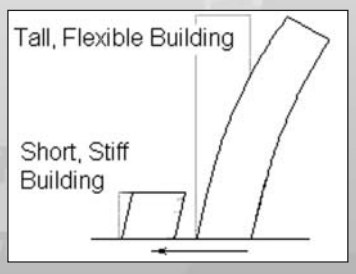


ภาพที่ 1 : (ก) การเกิดแผ่นดินไหวจากการเคลื่อนตัวอย่างรวดเร็วของรอยเลื่อนภายในเปลือกโลก
(ข) คลื่นการสั่นสะเทือนที่เดินทางบนพื้นดิน ที่เวลาต่างๆ [UPSeis]

คุณลักษณะของคลื่นสั่นสะเทือนของพื้นดินที่สำคัญมากที่สุดสำหรับสิ่งปลูกสร้าง ประกอบไปด้วย ช่วงระยะเวลา ระดับ และความถี่หรือคาบเวลาของการสั่นสะเทือน (ความถี่เท่ากับ 1 ต่อ คาบเวลา โดยคาบเวลาคือระยะเวลาที่คลื่นเดินทางจากจุดสูงสุดหนึ่งไปยังจุดสูงสุดถัดไป) โดยปกติเมื่อสิ่งปลูกสร้างได้รับคลื่นสั่นสะเทือนของพื้นดินจะสั่นไหวที่ความถี่หนึ่ง เรียกว่าความถี่ธรรมชาติ ซึ่งสิ่งปลูกสร้างแต่ละชนิดจะมีความถี่ธรรมชาติแตกต่างกันไป เช่น อาคารหรือตึกที่มีความสูงแตกต่างกัน จะมีคาบเวลาธรรมชาติ (ส่วนกลับของความถี่ธรรมชาติ) แตกต่างกัน ตามตารางที่ 1 ซึ่งจะเห็นได้ว่าอาคารที่มีความสูงน้อย จะมีคาบเวลาธรรมชาติน้อยกว่าอาคารที่มีความสูงมาก โดยรูปแบบการสั่นสะเทือนของอาคารที่มีความสูงแตกต่างกัน ได้แสดงให้เห็นในภาพที่ 2 ความสำคัญของคาบเวลาธรรมชาติที่กล่าวถึงคือคาบเวลาการสั่นสะเทือนของพื้นดินตรงกันกับคาบเวลาธรรมชาติของสิ่งปลูกสร้าง จะทำให้ระดับการสั่นสะเทือนของสิ่งปลูกสร้างนั้น มีระดับการสั่นสะเทือนเพิ่มขึ้นจากระดับการสั่นสะเทือนของพื้นดินหลายเท่า ซึ่งอาจส่งผลทำให้สิ่งปลูกสร้างนั้นพังทลาย เช่น ในกรณีแผ่นดินไหวเมื่อวันที่ 19 กันยายน 2528 ที่เมืองเม็กซิโกซิตี้ ประเทศเม็กซิโก อาคารและตึกที่มีความสูงประมาณ 20 ชั้น จำนวนมากได้พังทลายลงในระหว่างที่เกิดแผ่นดินไหว ในขณะที่อาคารอื่นๆ ที่มีความสูงต่างจากนี้กลับไม่ได้รับความเสียหายมาก อาคารและตึกที่พังทลายเหล่านี้มีคาบเวลาธรรมชาติประมาณ 2 วินาที ซึ่งตรงกับคาบเวลาของการสั่นสะเทือนของพื้นดิน

ตารางที่ 1

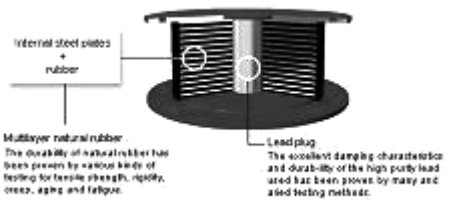
ความสูงของอาคารและสิ่งปลูกสร้าง	คาบเวลาธรรมชาติโดยประมาณ
2 ชั้น	0.2 วินาที
10 ชั้น	1 วินาที
50 ชั้น	5 วินาที



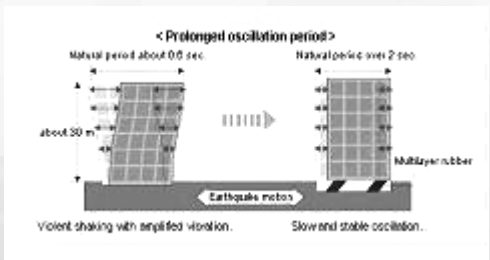
ภาพที่ 2 รูปแบบการสั่นสะเทือนของอาคารที่ความสูงต่างกัน

การพังทลายของอาคารหรือสิ่งปลูกสร้างสืบเนื่องจากภัยพิบัติที่เกิดแผ่นดินไหว ก่อให้เกิดความเสียหายจำนวนมากทั้งชีวิต และทรัพย์สิน ดังนั้นสิ่งปลูกสร้างที่อยู่ใกล้แนวรอยเลื่อนที่มีพลังจึงสมควรที่จะได้รับการป้องกันอันตรายนี้ การสร้างสิ่งปลูกสร้างที่แข็งแรงมากๆ ทำให้ลดความเสียหายที่เกิดจากแผ่นดินไหวได้ แต่นั่นหมายถึงค่าก่อสร้างที่สูงมากเช่นกัน และบางครั้งก็ไม่สามารถป้องกันได้ อย่างไรก็ตามยังมีอีกหลายวิธีที่จะช่วยลดระดับการสั่นสะเทือนของอาคารและสิ่งปลูกสร้าง เช่น การใช้ lead rubber bearing (LRB) ติดตั้งที่ฐานรากของสิ่งปลูกสร้าง ตามภาพที่ 3 tuned mass damping (TMD) หรือ active mass damper system (AMD) ติดตั้งบนสิ่งปลูกสร้าง ตามภาพที่ 4 และ 5 ตามลำดับ ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ TMD และ AMD เพื่อป้องกันแผ่นดินไหวให้กับอาคารและสะพาน ได้แสดงตามภาพที่ 6 เทคโนโลยีเหล่านี้ได้รับการพิสูจน์แล้วว่าสามารถป้องกันความเสียหายที่เกิดขึ้นจากภัยพิบัติที่กล่าวถึงนี้ได้

(ก)



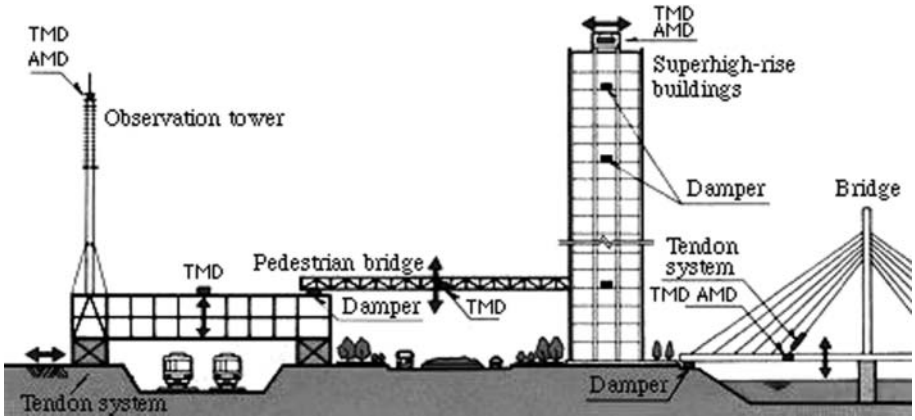
(ข)



ภาพที่ 3 : (ก) โครงสร้างของ LRB ซึ่งประกอบด้วย ยางธรรมชาติหลายชั้น และมีแกนนำ
(ข) เปรียบเทียบการสั่นสะเทือนของอาคารเมื่อใช้ LRB ซึ่งเป็นภาพขวามือ และไม่ใช้ซึ่งเป็นภาพซ้ายมือ

ภาพที่ 4 tuned mass damping (TMD)

ภาพที่ 5 active mass damper system (AMD)



ภาพที่ 6 การประยุกต์ใช้ TMD และ AMD เพื่อป้องกันแผ่นดินไหว ให้กับอาคารและสะพาน

ภัยพิบัติทางธรรมชาติที่เกิดจากแผ่นดินไหว อาจก่อให้เกิดความเสียหายอย่างร้ายแรงต่ออาคารและสิ่งปลูกสร้าง ขึ้นอยู่กับ 3 ปัจจัยคือ 1. คาบเวลาการสั่นสะเทือนของพื้นดินตรงกันกับคาบเวลาธรรมชาติของอาคารและสิ่งปลูกสร้าง 2. ระดับพลังงานของการสั่นสะเทือน และ 3. ระยะเวลาของการสั่น ซึ่งความเสียหายนี้อาจส่งผลต่อชีวิต และทรัพย์สินของผู้คนที่อาศัยอยู่ภายในอาคาร อย่างไรก็ตามความรุนแรงของภัยพิบัตินี้สามารถป้องกันได้ด้วยการใช้เทคโนโลยีป้องกันแผ่นดินไหว เช่นการใช้ lead rubber bearing (LRB) หรือ tuned mass damping (TMD) หรือ active mass damper system (AMD) ติดตั้งกับตัวอาคาร

เอกสารอ้างอิง

Jacobs, Andrew. Base isolation. a review of engineering in everyday life vol. 6, issue 1, fall 2004 **[Online].** [cited 16 October 2007]. Available from Internet : http://illumin.usc.edu/article.php?articleID=127

OILES Corporation. LRB (Lead Rubber Bearing). Seismic isolation and vibration control **[Online].** [cited 17 October 2007]. Available from Internet : http://www.oiles.co.jp/en/menshin/building/isolate/lrb.html

Rachel Thomas. Quake-proof. plus magazine **[Online].** 10 February 2005 [cited 17 October 2007]. Available from Internet : http://plus.maths.org/latestnews/jan-apr05/earthquake/index.html

Reference sources **[Online].** Information Service: MCEER. How Earthquakes Affect Buildings.[cited 16 October 2007]. Available from Internet : http://mceer.buffalo.edu/infoservice/reference_services/EQaffectBuilding.asp

Takenaka Corporation. From earthquake resistance to vibration control. The most advanced technology for protecting urban functions structure control system. **[Online].** [cited 17 October 2007] Available from Internet : http://www.takenaka.co.jp/takenaka_e/quake_e/seishin/seishin.htm

UPSeis (an educational site for budding seimologists). **[Online].** What is seismology and what are seismic waves?. Michigan Technological University, Houghton, MI. [cited 17 October 2007]. Available from Internet : http://www.geo.mtu.edu/UPSeis/waves.html

สำนักแผ่นดินไหว กรมอุตุนิยมวิทยา. **[ออนไลน์].** ความรู้พื้นฐานทั่วไปเกี่ยวกับแผ่นดินไหว [อ้างถึง 15 ตุลาคม 2007] เข้าถึงได้จากอินเทอร์เน็ต : http://www.tmdseismology.com/tmd/index.php?option=com_content&task=view&id=20&Itemid=26