

การวิเคราะห์อาคารรับแรงแผ่นดินไหว กรณีศึกษาอาคารในเขตพื้นที่ 1 และ 2

นายวีระ หอสกุลโท

นางสาวดลฤดี หอมดี

อาจารย์

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

นายชินกร วิชิต

อดีตนักศึกษาระดับปริญญาตรี

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทคัดย่อ

บทความนี้ เป็นการศึกษาพฤติกรรมของแบบจำลองโครงสร้างอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก 12 ชั้น ขนาด 24.7×24.7 เมตร จำนวน 3 ช่วงเสา ความสูงทั้งหมด 39.4 เมตร ความสูงชั้นแรก 4.2 เมตร และชั้นที่ 2 ถึงชั้นที่ 12 มีความสูงชั้นละ 3.2 เมตร โดยมีน้ำหนักบรรทุกเนื่องจากแรงแผ่นดินไหว ตามมาตรฐาน UBC (Uniform Building Code) 1985 และน้ำหนักบรรทุกเนื่องจากแรงลม ตามข้อกำหนดพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 การวิเคราะห์อาคารจะใช้โปรแกรมสำเร็จรูป STAAD-III จากผลการศึกษาพฤติกรรมของแบบจำลองพบว่า แรงภายในได้แก่ แรงตามแนวแกน แรงเฉือน และโมเมนต์ดัด ที่เกิดขึ้นในเสา เนื่องจากแรงแผ่นดินไหวในเขตพื้นที่ 1 มากกว่าค่าที่เกิดขึ้นเนื่องจากแรงลมมีค่าระหว่าง 1.24 ถึง 10.8 เท้า และแรงภายนอกได้แก่ แรงเฉือน และแรงดัดที่ฐาน เกิดขึ้นเนื่องจากแรงแผ่นดินไหวในเขตพื้นที่ 1 มากกว่าค่าที่เกิดขึ้นเนื่องจากแรงลมเป็น 1.83 และ 2.07 เท้าตามลำดับ แรงต้านทานภายนอกและภายในที่เกิดขึ้นเนื่องจากแรงแผ่นดินไหวในเขตพื้นที่ 2 มีค่าเป็น 2 เท้าของค่าที่เกิดขึ้นเนื่องจากแรงแผ่นดินไหวในเขตพื้นที่ 1

Analysis of Building Subjected to Earthquake Load

Case Study of the Building on zone 1 and 2

Veera Horsakulthai

Dolrerdee Hormdee

Lecturer

Department of Civil Engineering

Faculty of Engineering Khon Kaen University

Chinakorn Wichit

Former Undergraduate Student

Department of Civil Engineering

Faculty of Engineering Khon Kaen University

Abstract

This paper is a case study of the behavior of a 12-floor reinforced concrete building. The model building size is 24.7 meters square, 3 bays and 39.4 meters high. The first floor is 4.2 meters and each floor between second floor to twelfth floor are 3.2 meters high. In this paper, we considered lateral load due to earthquake and wind. For the earthquake analysis, the equivalent static load followed the 1985 Uniform Building Code (UBC 1985) is employed, while the 1979 Act of Legislation of Building Control is used for the wind load analysis. Vertical dead load and live load were not considered. Internal forces were analyzed by program STAAD-III. The results of the internal resistance forces; axial forces, shear and bending moments caused by a zone 1 earthquake are 1.24 to 10.8 times larger than the forces by wind load in columns. The external resistance forces caused by zone 1 earthquake are 1.83 and 2.07 larger than the forces caused by wind load for base shear and overturning moment respectively. All resistance forces caused by zone 2 earthquake are twice as large as the resistance forces caused by zone 1 earthquake.

บทนำ

การวิเคราะห์โครงสร้างอาคารที่ผ่านมา ตามข้อบังคับตามพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 จะคำนึงถึงแรงกระทำจากน้ำหนักตัวโครงสร้างเอง น้ำหนักบรรทุกจร และน้ำหนักบรรทุกเนื่องจากแรงลม เมื่อมีการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับแผ่นดินไหวซึ่งพัฒนามากขึ้นเป็นลำดับ ในปัจจุบันได้มีการออกข้อบังคับเพื่อให้คำนึงถึงน้ำหนักบรรทุกเนื่องจากแรงแผ่นดินไหว ที่พัฒนามาจากมาตรฐาน UBC 1985 โดยมีผลบังคับใช้ครอบคลุมพื้นที่ 10 จังหวัดในภาคเหนือ และภาคตะวันตกได้แก่ แม่ฮ่องสอน เชียงใหม่ เชียงราย พะเยา ลำพูน ลำปาง กาญจนบุรี และตาก ซึ่งมีโอกาสเกิดแผ่นดินไหวในระดับความรุนแรงปานกลาง (เขตพื้นที่ 2) อาคารที่ปลูกสร้างในพื้นที่ 10 จังหวัดดังกล่าวต้องคำนึงถึงแรงเนื่องจากแผ่นดินไหว

บทความนี้เสนอผลศึกษาเปรียบเทียบพฤติกรรมโครงสร้างอาคาร เมื่อรับแรงกระทำด้านข้างอันเนื่องมาจากแรงลมและแรงแผ่นดินไหว ซึ่งพิจารณาอาคารในพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อความเสียหายเล็กน้อย (เขตพื้นที่ 1) และพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อความเสียหายปานกลาง (เขตพื้นที่ 2)

วิธีการดำเนินการ

การศึกษาพฤติกรรมของอาคารรับแรงกระทำด้านข้างนี้ เป็นการศึกษาแบบจำลองโครงสร้างอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก 12 ชั้น ขนาด 24.7×24.7 เมตร จำนวน 3 ช่วงเสาสูง 39.4 เมตร ความสูงชั้นแรกเป็น 4.2 เมตร และชั้นที่ 2 ถึงชั้นที่ 12 สูงชั้นละ 3.2 เมตร ดังรูปที่ 1 ความหนาของพื้น 0.2 เมตร มีกำแพงอิฐก่อรอบอาคาร 180 กก./ม^2 น้ำหนักวัสดุปูพื้นรวมผนังกันห้องวัสดุเบา 200 กก./ม^2 แรงกระทำด้านข้างได้แก่ น้ำหนักบรรทุกเนื่องจากแรงลม และแผ่นดินไหว แรงลมจะพิจารณาตามพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 โดยพิจารณาจากความสูงของอาคารและหน้าปะทะของอาคาร จากนั้นคำนวณค่าแรงลมที่กระทำที่ข้อต่อส่วนการคำนวณแรงแผ่นดินไหวจะใช้วิธีสถิติเทียบเท่า ตามมาตรฐาน UBC 1985 ซึ่งได้พัฒนาเป็นกฎกระทรวงบังคับใช้ในพื้นที่ 10 จังหวัดตามที่กล่าวข้างต้น การวิเคราะห์โครงสร้างจะใช้โปรแกรมสำเร็จรูป STAAD-III

วิธีแรงสถิตเทียบเท่า

แรงเฉือนที่ฐานตาม UBC 1985 และกฎกระทรวงฉบับที่ 49 พ.ศ. 2540

$$V = ZIKCSW \quad (1)$$

เมื่อ

V = แรงเฉือนทั้งหมดในแนวราบที่ระดับพื้นดิน

Z = สัมประสิทธิ์ของความเข้มของแผ่นดินไหว

$Z = 0$ ในเขตพื้นที่ 0 ไม่มีความเสี่ยงต่อความเสียหายของอาคาร

$Z = \frac{3}{16}$ ในเขตพื้นที่ 1 มีความเสี่ยงต่อความเสียหายของอาคารเล็กน้อย

$Z = \frac{3}{8}$ ในเขตพื้นที่ 2 มีความเสี่ยงต่อความเสียหายของอาคารปานกลาง

$Z = \frac{3}{4}$ ในเขตพื้นที่ 3 มีความเสี่ยงต่อความเสียหายของอาคารมาก

$Z = 1$ ในเขตพื้นที่ 4 มีความเสี่ยงต่อความเสียหายของอาคารมากกว่าเขตพื้นที่ 3 จนทำให้อาคารวิบัติและระบบเกิดความเสียหาย

ตามกฎกระทรวงฉบับที่ 49 ค่าสัมประสิทธิ์ความเข้มของแผ่นดินไหว (Z) กำหนดให้ใช้เท่ากับ 0.38 หรือมากกว่า กับเขตจังหวัดที่มีความเสี่ยง 10 จังหวัด ตามที่กล่าวในบทนำ

I = ตัวคูณเกี่ยวกับการใช้อาคาร

K = สัมประสิทธิ์ของโครงสร้างอาคารที่รับแรงในแนวราบ

C = ค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากสูตรในสมการที่ (2)

S = สัมประสิทธิ์ของการประสานความถี่ธรรมชาติระหว่างอาคารและชั้นดินที่ตั้งของอาคาร

W = น้ำหนักรวมทั้งหมดของโครงสร้างที่อยู่เหนือพื้นดิน

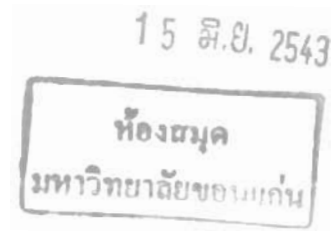
$$C = \frac{1}{15\sqrt{T}} \quad (2)$$

เมื่อ

C มีค่าไม่เกิน 0.12

T = คาบการสั่นอิสระมูลฐานของอาคาร สมการที่ใช้ในการคำนวณตามมาตรฐาน UBC 1985 และกฎกระทรวงฉบับที่ 49 พ.ศ. 2540 คือ

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \frac{W_i \delta_i^2}{g}}{\sum_{i=1}^n f_i \delta_i}} \quad (3)$$



เมื่อ

- W_i = น้ำหนักบรรทุกคงที่ของแต่ละชั้น
 δ_i = การเคลื่อนที่ด้านข้างของแต่ละชั้น
 f_i = แรงต้านข้างซึ่งกระทำต่อพื้นชั้นต่างๆของอาคาร
 g = ความเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก

ในการนี้ที่ขาดข้อมูลสำหรับวิเคราะห์ค่า T ให้คำนวณค่า T จากสมการ

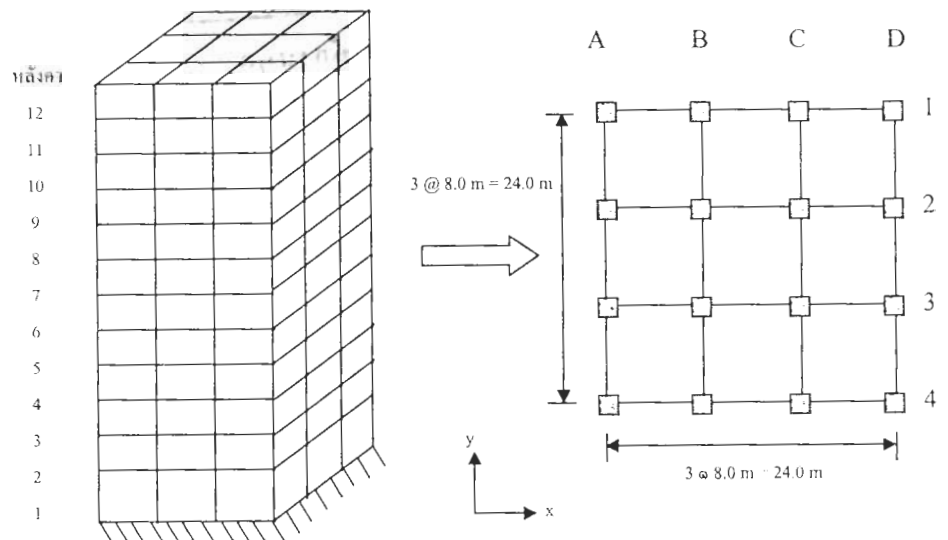
$$T = \frac{0.09 h_n}{\sqrt{D}} \quad (4)$$

เมื่อ

- h_n = ความสูงของอาคารโครงสร้างวัดจากฐาน หน่วยเป็นเมตร
 D = มิตินอนของอาคารในทิศทางที่ขนานกับแรงกระทำ หน่วยเป็นเมตร

ในการศึกษาแบบจำลองของโครงสร้างอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กนี้ใช้ค่าสัมประสิทธิ์ต่างๆ ดังนี้

- $Z = \frac{3}{16}$ อาคารในเขตพื้นที่ 1
 $Z = \frac{3}{8}$ อาคารในเขตพื้นที่ 2
 $I = 1$ อาคารอื่นๆ
 $K = 1$ โครงสร้างระบบอื่นๆ
 $h_n = 39.4$ เมตร
 $D = 24.7$ เมตร
 $S = 1.5$ ดินอ่อน
 $W = 6,847,813$ kg



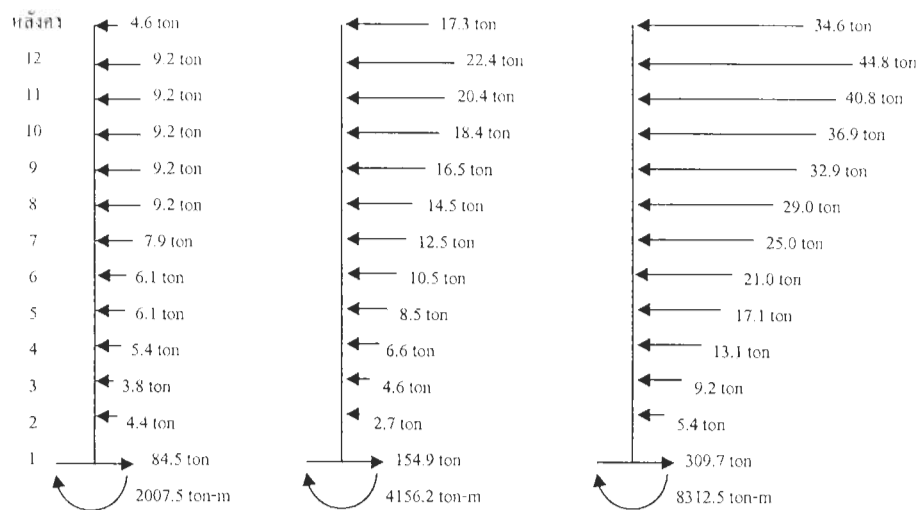
รูปที่ 1 แบบจำลองโครงสร้าง

ผลการวิเคราะห์

จากการวิเคราะห์เปรียบเทียบแรงกระทำด้านข้าง เนื่องจากแรงลมและแรงแผ่นดินไหว ได้ผลต่อพฤติกรรมของโครงสร้างดังนี้

1. ค่าแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดที่ฐานที่เกิดขึ้นเนื่องจากแรงแผ่นดินไหวในเขตพื้นที่ 1 มากกว่าค่าที่เกิดขึ้นเนื่องจากแรงลมเป็น 1.83 และ 2.07 เท่า ตามลำดับ และค่าแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดที่ฐานที่เกิดขึ้นเนื่องจากแรงแผ่นดินไหวในเขตพื้นที่ 2 มากกว่าค่าที่เกิดขึ้นเนื่องจากแรงแผ่นดินไหวในเขตพื้นที่ 1 เป็น 2 เท่า ดังรูปที่ 2
2. ค่าแรงภายในของเสา ทั้งค่าแรงตามแนวแกน แรงเฉือน และโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นเนื่องจากแรงแผ่นดินไหวในเขตพื้นที่ 1 มีค่ามากกว่าค่าที่เกิดขึ้นเนื่องจากแรงลมของโครงย่อยแนว 1 และ 4 มีค่าระหว่าง 1.96 ถึง 3 ระหว่าง 2.03 ถึง 6.40 และระหว่าง 1.98 ถึง 6 เท่า ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 3 5 และ 7 ส่วนโครงย่อยแนว 2 และ 3 มีค่าระหว่าง 1.71 ถึง 4.67 ระหว่าง 1.63 ถึง 10.8 และระหว่าง 1.24 ถึง 6.41 ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 4 6 และ 8 และเมื่อพิจารณาโครงย่อย ถ้าแรงเข้าปะทะดังแสดงในรูปที่ 1 จะได้ว่าค่าแรงในแนวแกนของเสาตามแนว A และ B จะเกิดเป็นแรงดึง ขณะที่แรงในแนวแกนตามแนว C และ D จะเกิดเป็นแรงอัด โดยค่าของแรงภายในเสาแนว 1 และ 4 มีค่าใกล้เคียงกัน แต่ทิศทางตรง

ข้ามกัน และแนว 2 และ 3 มีค่าใกล้เคียงกัน แต่ทิศทางตรงข้ามกัน ทั้งค่าที่เกิดจากแรงลมและแรงแผ่นดินไหว



(ก) แรงลม

(ข) แรงแผ่นดินไหวในเขตพื้นที่ 1

(ค) แรงแผ่นดินไหวในเขตพื้นที่ 2

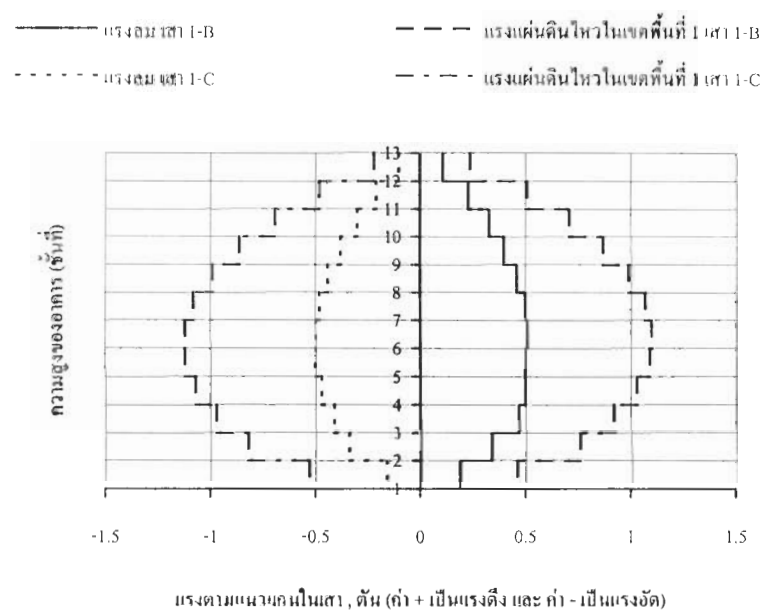
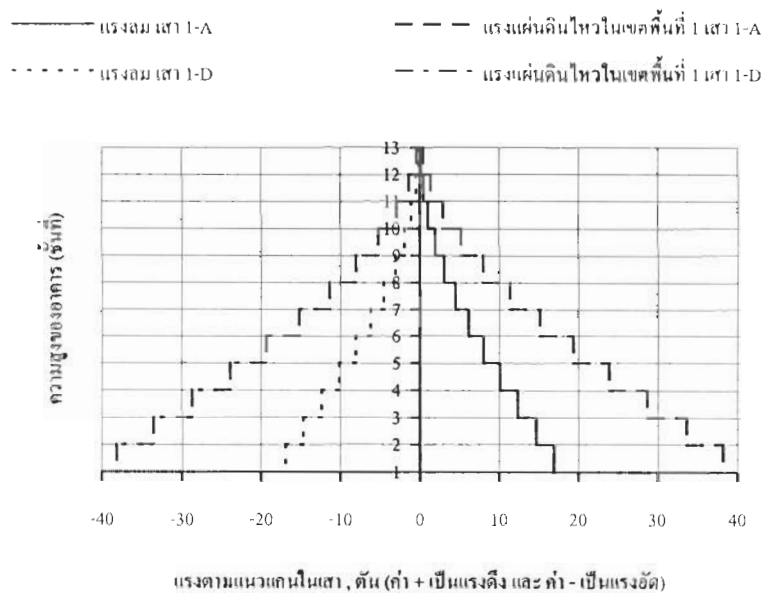
รูปที่ 2 ค่าแรงที่กระทำด้านข้างของอาคาร

สรุปผลการวิเคราะห์

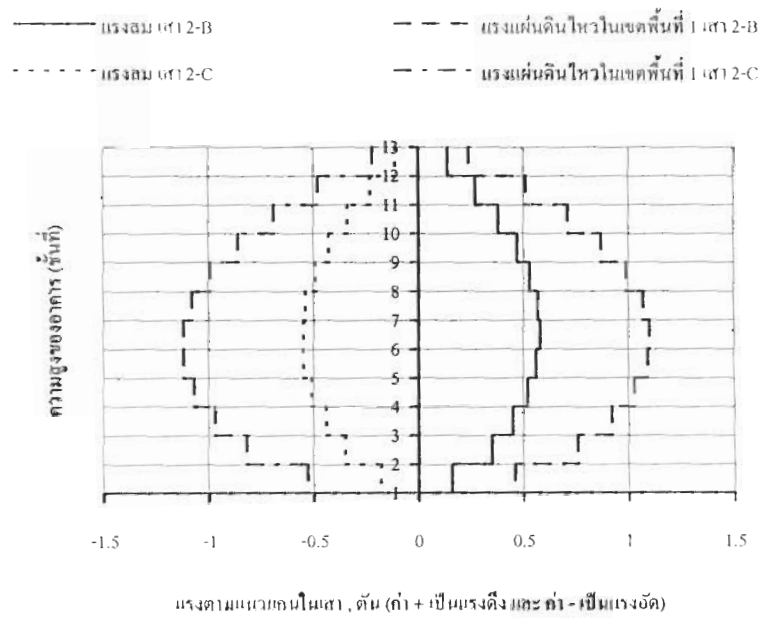
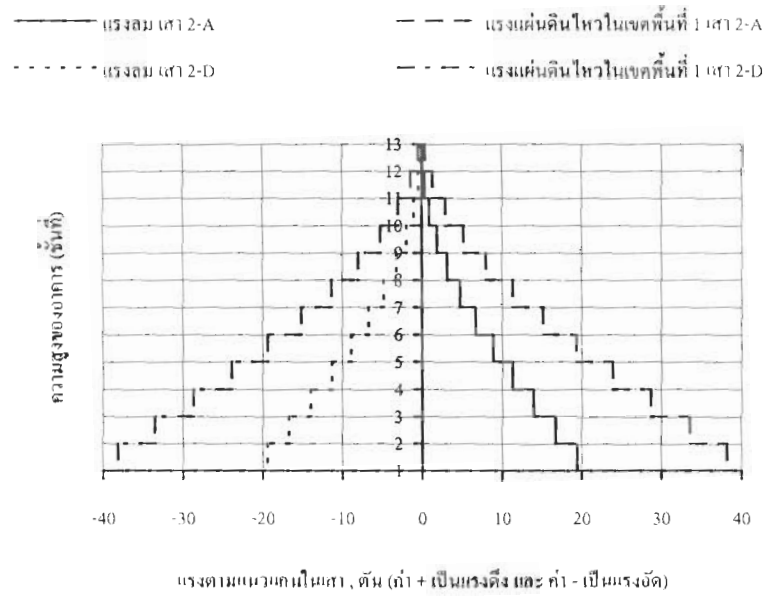
จากผลการวิเคราะห์จะเห็นว่า ค่าแรงต้านทานน้ำหนักบรรทุกทุกเนื่องจากแรงแผ่นดินไหว ทั้งแรงภายในและภายนอกของโครงสร้างมีค่ามากกว่าค่าแรงที่เกิดขึ้นเนื่องจากแรงลม โดยแรงต้านทานภายในที่เกิดขึ้นเนื่องจากแรงแผ่นดินไหวในเขตพื้นที่ 1 มากกว่าค่าที่เกิดขึ้นเนื่องจากแรงลมเป็น 1.24 ถึง 10.8 เท่า และค่าแรงต้านทานภายนอก แรงเฉือนและโมเมนต์ดัดเนื่องจากแรงแผ่นดินไหวในเขตพื้นที่ 1 มากกว่าค่าที่เกิดขึ้นเนื่องจากแรงลมเป็น 1.83 และ 2.07 เท่า ตามลำดับ และผลของแรงต้านทานภายนอกและภายในของโครงสร้างเนื่องจากแรงแผ่นดินไหวในเขตพื้นที่ 2 มากกว่าค่าที่เกิดขึ้นในเขตพื้นที่ 1 เป็น 2 เท่า ซึ่งจะเห็นว่าการวิเคราะห์ออกแบบโครงสร้างรับแรงด้านข้างเฉพาะแรงลมอย่างเดียว ไม่สามารถต้านทานแรงเนื่องจากแผ่นดินไหวได้ ดังนั้นในเขตพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดแผ่นดินไหวต้องคำนึงและวิเคราะห์ออกแบบอาคารต้านทานแรงแผ่นดินไหวด้วย เพื่อความปลอดภัยต่อชีวิตและทรัพย์สิน

บรรณานุกรม

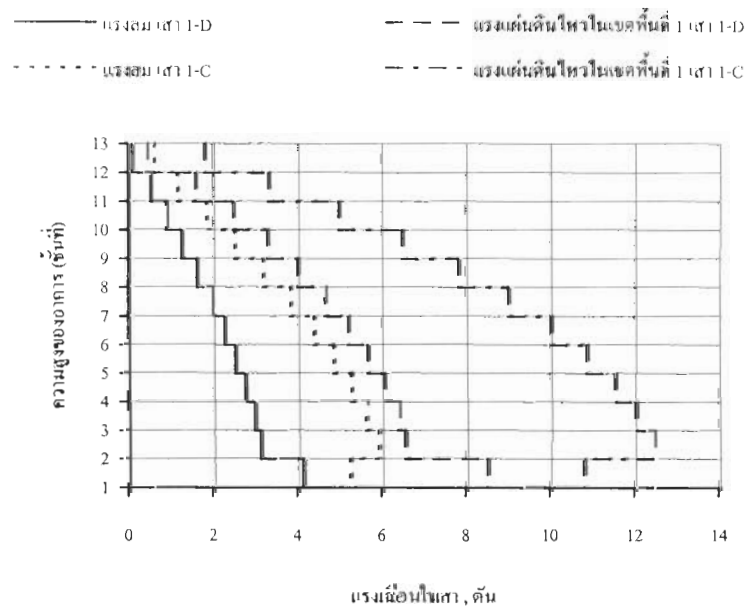
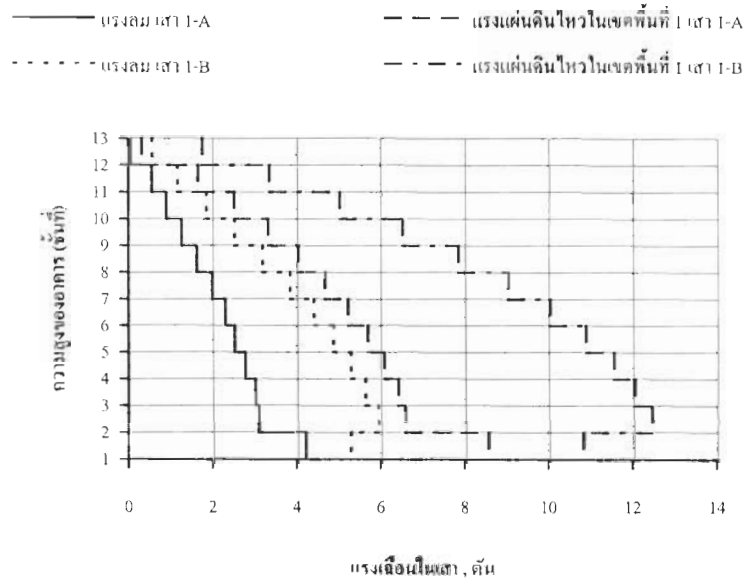
- [1] ปณิธาน ลักคุณประสิทธิ์, **การออกแบบอาคารต้านทานลมพายุใต้ฝุ่น: กรณีศึกษาของอาคารโรงเรียนในภาคใต้**, การประชุมทางวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 4 สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ กรุงเทพมหานคร, 2540.
- [2] เป็นหนึ่ง วานิชชัย, **ความเสี่ยงต่อภัยจากแผ่นดินไหวของประเทศไทย**, การอบรมเชิงปฏิบัติการหลักสูตร: การออกแบบอาคารต้านแรงแผ่นดินไหว ครั้งที่ 2, สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, กรุงเทพมหานคร, 2540
- [3] สมชาย ชูชีพสกุล, **การออกแบบโครงสร้างรับแรงแผ่นดินไหวด้วยวิธีสถิตเทียบ**, การอบรมเชิงปฏิบัติการหลักสูตร: การออกแบบอาคารต้านแรงแผ่นดินไหว ครั้งที่ 2, สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, กรุงเทพมหานคร, 2540
- [4] สมศักดิ์ เลิศบรรณพงษ์, **กฎกระทรวงว่าด้วยการออกแบบอาคารเพื่อต้านแรงจากแผ่นดินไหว**, International Seminar on Earthquake Resistant Design of Structures, สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, กรุงเทพมหานคร, 2541
- [5] วิโรจน์ บุญญภิญโญ, **การคำนวณแรงลมและแรงแผ่นดินไหวสำหรับการออกแบบอาคารสูงในประเทศไทย**, การอบรมเชิงปฏิบัติการหลักสูตร: การออกแบบอาคารต้านแรงแผ่นดินไหว ครั้งที่ 2, สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, กรุงเทพมหานคร, 2540
- [6] สัจจา บุญยฉัตร และ นิพนธ์ รัตนวงเจริญ, **การออกแบบโครงสร้างรับแรงแผ่นดินไหว**, International Seminar on Earthquake Resistant Design of Structures, สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, กรุงเทพมหานคร, 2541



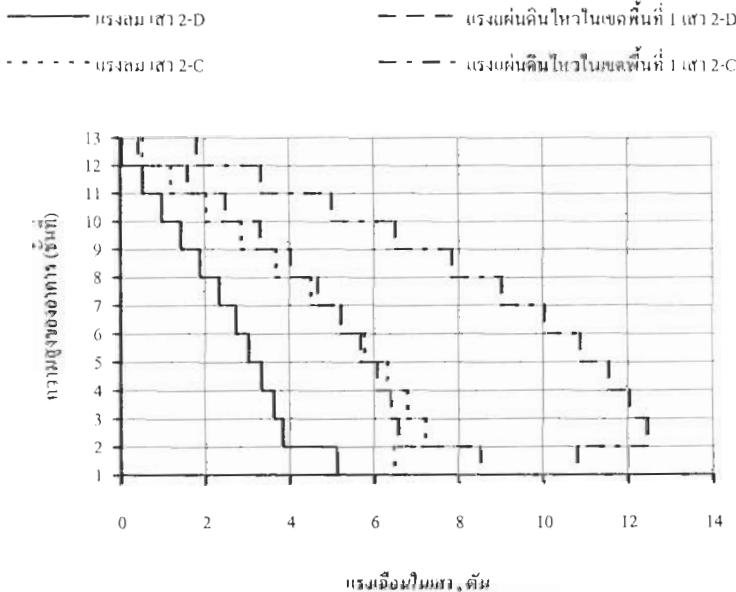
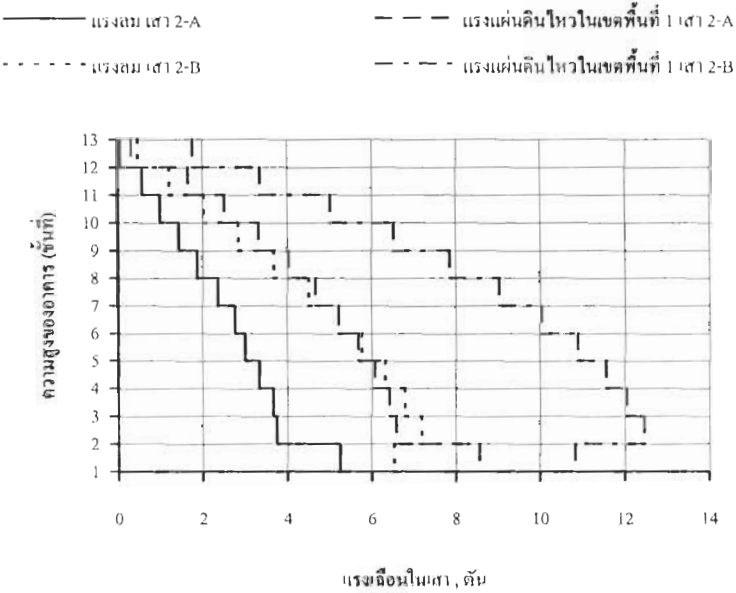
รูปที่ 3 แรงตามแนวแกนในเสา แนว 1



รูปที่ 4 แรงตามแนวแกนในเสา แนว 2

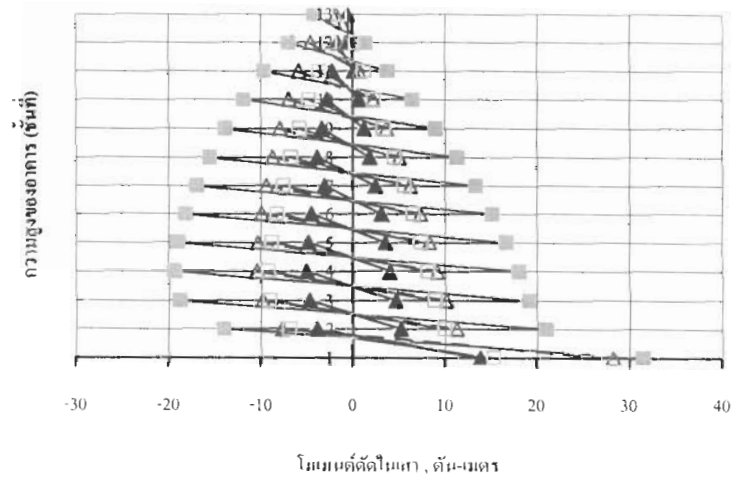


รูปที่ 5 แรงเฉือนในเสา แนว 1

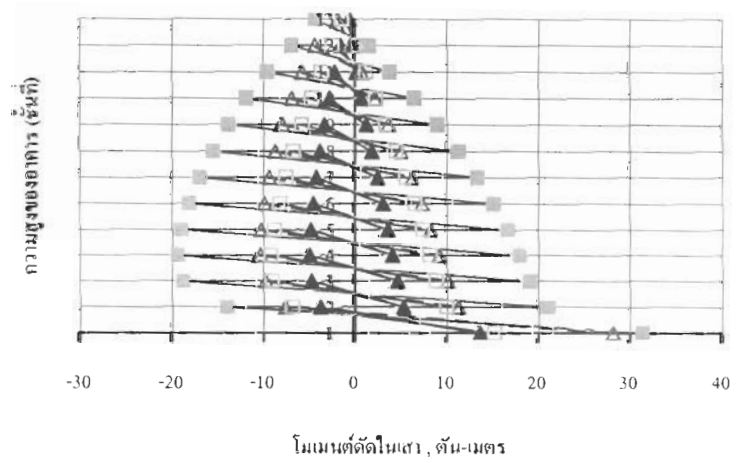


รูปที่ 6 แรงเค้นในเสา แนว 2

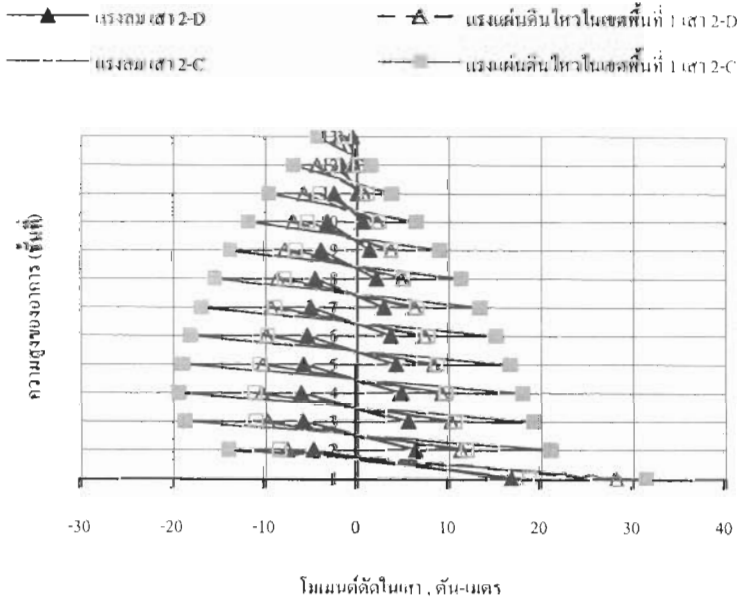
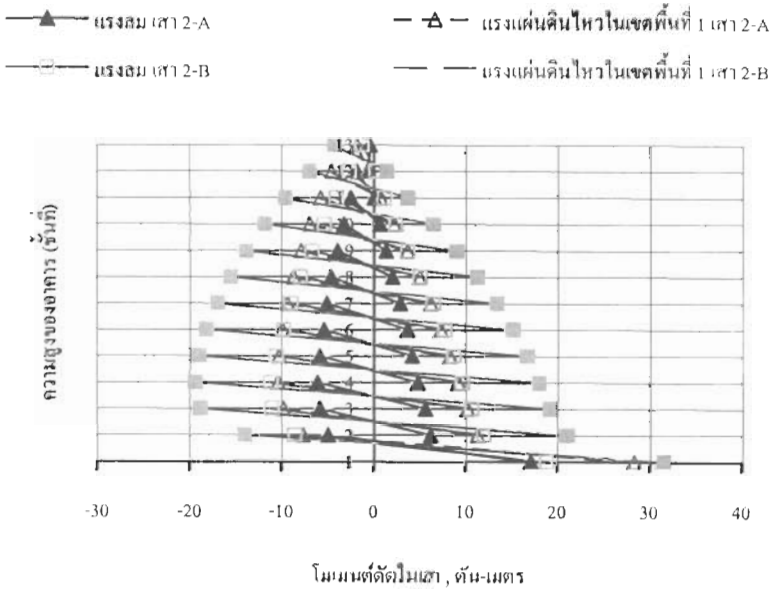
▲ แรงลมเสา 1-A ▲ แรงแผ่นดินไหวในเขตพื้นที่ 1 เสา 1-A
 --- แรงลมเสา 1-B ■ แรงแผ่นดินไหวในเขตพื้นที่ 1 เสา 1-B



▲ แรงลมเสา 1-D ▲ แรงแผ่นดินไหวในเขตพื้นที่ 1 เสา 1-D
 --- แรงลมเสา 1-C ■ แรงแผ่นดินไหวในเขตพื้นที่ 1 เสา 1-C



รูปที่ 7 โมเมนต์ตัดในเสา แนว 1



รูปที่ 8 โมเมนต์ดัดในเสา แนว 1