บทที่ 6
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการวิเคราะห์

จากผลการวิเคราะห์อาคารโรงเรียนมาตรฐานภายใต้แรงแผ่นดินไหวออกแบบของเขตอำเภอเมืองจังหวัดเชียงใหม่ใน 2 ทิศทางโดยวิธี Pushover Analysis และทำการประเมินประสิทธิภาพของอาคารด้วยวิธี Acceleration Displacement Response Spectrum (ADRS) ภายใต้สมมติฐานให้แบบจำลองอาคารมีลักษณะโครงสร้างเหมือนโครงสร้างส่วนมาก ให้จุดต่อคาน-เสามีลักษณะเป็นจุดแข็งเกร็ง ฐานรากมีลักษณะแบบ Fixed และทำการเสริมกำลังให้อาคารโรงเรียน 3 วิธี คือ ขยายหน้าตัดเสาเสริมค้ำยันแนวทแยงและ เสริมผนังรับแรงเฉือนในทั้งสองทิศทาง ได้ผลสรุปดังต่อไปนี้

6.2 ผลการวิเคราะห์อาคารโรงเรียนมาตรฐานในทิศ Y-Y

1. จากผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างการวิเคราะห์แบบกำหนดหน้าตัดพลาสติกโดยโปรแกรมและกำหนดหน้าตัดพลาสติกแบบระบุเฉพาะให้ค่าสัมประสิทธิ์แรงเฉือนที่ฐานสูงสุดมีค่าใกล้เคียงกันและเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีแบบจำลองไฟเบอร์นั้นให้ค่าสัมประสิทธิ์แรงเฉือนที่ฐานสูงต่างกันประมาณ 15.4% เมื่อเทียบกับการวิเคราะห์แบบกำหนดหน้าตัดพลาสติกแบบระบุเฉพาะ เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบเส้นสเปกตรัมสมรรถนะและเส้นสเปกตรัมตอบสนองความต้องการแสดงให้เห็นว่าอาคารไม่สามารถรับแรงแผ่นดินไหวได้ ความสามารถในการรับแรงแผ่นดินไหวของอาคารมีค่าเพียง 1 ใน 4 ของแรงแผ่นดินไหวที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในพื้นที่ศึกษา อาคารเกิดการพังทลายก่อนจะแตะเส้นสเปกตรัมสมรรถนะ เนื่องจากอาคารขาดความสามารถทั้งด้านความเหนียวและด้านกำลัง ทั้งนี้เนื่องจากอาคารได้ก่อสร้างก่อนมีการบังคับใช้ข้อบังคับการออกแบบอาคารต้านแรงแผ่นดินไหว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2. ลักษณะการเสียหายของอาคารเมื่อเปรียบเทียบกันทั้ง 3 กรณี ณ จุดที่อาคารวิบัติ มีลักษณะของการเสียหายที่คล้ายกันโดยความเสียหายส่วนมากเกิดความเสียหายขึ้นในเสาทั้งสองชั้น เสาชั้นที่ 1 เกิดความเสียหายมากที่สุด ณ จุดที่อาคารเกิดการวิบัติ เมื่อพิจารณาตำแหน่งที่เกิดความเสียหายที่เกิดขึ้นในเสาจากวิธีแบบจำลองไฟเบอร์ เกิดที่ตำแหน่งโคนเสาซึ่งใกล้เคียงกับตำแหน่งจุดหมุนพลาสติกที่กำหนดในการวิเคราะห์แบบกำหนดหน้าตัดพลาสติกเช่นกัน

3. การเคลื่อนที่สัมพัทธ์ระหว่างชั้นของอาคารที่วิเคราะห์ด้วยวิธีกำหนดหน้าตัดพลาสติกทั้งสองแบบมีลักษณะใกล้เคียงกัน โดยชั้นที่ 2 มีการเคลื่อนที่มากที่สุดทั้งสองกรณีและและมีการเคลื่อนที่สัมพัทธ์ที่ใกล้เคียงกัน แต่สำหรับการวิเคราะห์แบบจำลองไฟเบอร์เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีกำหนดหน้าตัดพลาสติก เห็นได้ว่าเกิดการเคลื่อนที่คล้ายกับการวิเคราะห์ด้วยวิธีหน้าตัดพลาสติกและเกิดการเคลื่อนที่มากที่สุดในชั้นที่ 2 เช่นเดียวกัน

6.3 ผลการวิเคราะห์อาคารโรงเรียนมาตรฐานในทิศ X-X

1. จากผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างการวิเคราะห์แบบกำหนดหน้าตัดพลาสติกโดยโปรแกรมและกำหนดหน้าตัดพลาสติกแบบระบุเฉพาะ ให้ค่าสัมประสิทธิ์แรงเฉือนที่ฐานสูงสุดที่ใกล้เคียงกันสำหรับผลการวิเคราะห์แบบกำหนดหน้าตัดพลาสติกโดยโปรแกรมเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบ เส้นสเปกตรัมสมรรถนะและเส้นสเปกตรัมตอบสนองความต้องการแสดงให้เห็นว่าอาคารไม่สามารถรับแรงแผ่นดินไหวได้ อาคารเกิดการพังทลายก่อนจะแตะเส้นสเปกตรัมสมรรถนะ เนื่องจากอาคารขาดความสามารถทั้งด้านความเหนียวและด้านกำลังส่วนผลการวิเคราะห์หน้าตัดพลาสติกแบบระบุเฉพาะถึงจะสามารถหาพิกัดสมรรถนะได้แต่อาคารอยู่ในระดับเสียหายมากเช่นกัน

2. จากผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบลักษณะการเสียหายของอาคารระหว่างการวิเคราะห์แบบกำหนดค่าหน้าตัดพลาสติกโดยโปรแกรมและกำหนดหน้าตัดพลาสติกแบบระบุเฉพาะมีลักษณะคล้ายกันโดยเกิดความเสียหายมากที่เสาชั้นที่ 1 และคานชั้นที่ 2 ทั้งสองกรณีแต่รับดับความเสียหายมีค่าต่างกันโดยระดับความเสียหายจากการวิเคราะห์แบบใช้ค่าโดยโปรแกรมนั้นระดับความเสียหายสูงสุดคือ Failure เป็นส่วนมากแต่สำหรับการวิเคราะห์แบบกำหนดหน้าตัดพลาสติกแบบระบุเฉพาะนั้นระดับความเสียหายสูงสุดคือ Collapse Prevention เป็นส่วนมากและ Failure บางส่วน

3. การเคลื่อนที่สัมพัทธ์ระหว่างชั้นของอาคารที่วิเคราะห์ด้วยวิธีกำหนดหน้าตัดพลาสติกทั้งสองแบบมีลักษณะใกล้เคียงกัน โดยชั้นที่ 2 มีการเคลื่อนตัวมากที่สุดทั้งสองกรณีและและมีการเคลื่อนที่สัมพัทธ์ที่ใกล้เคียงกัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

6.4 ผลการวิเคราะห์อาคาที่เสริมกำลังด้วยวิธีต่าง ๆ ในทิศ Y-Y

1. ผลการวิเคราะห์กรณีอาคารตัวอย่างที่เสริมกำลังด้วยวิธีขยายหน้าตัดเสาทำให้ความสามารถของอาคารโดยรวมนั้นดีขึ้นทั้งทางด้านกำลัง สตีฟเนส ความเหนียว และพฤติกรรมการเสียหายของอาคารส่วนมากเกิดขึ้นเฉพาะในเสา หลังจากเสริมกำลังด้วยวิธีขยายหน้าตัดเสาแล้วทำให้เกิดการกระจายความเสียหายไปสู่คาน เนื่องจากหน้าตัดเสาที่ใหญ่ขึ้นและเหล็กเสริมที่เพิ่มของเสา ทำให้สามารถรับแรงในแนวแกนและแรงด้านข้างได้มากขึ้น พิกัดสมรรถนะของอาคารอยู่ในระดับที่ดียังมีกำลังสำรอง(ความสามารถสำหรับต้านแรงแผ่นดินไหว)อีก 13.56 %ของกำลังสูงสุดที่สามารถรับได้

2. ผลการวิเคราะห์กรณีอาคารตัวอย่างที่เสริมกำลังด้วยวิธีเสริมค้ำยันแนวทแยงจะเห็นว่ากำลังและสตีฟเนสของอาคารเพิ่มขึ้นมากที่สุดจากทั้งสามวิธี ทำให้อาคารมีความสามารถรับแรงทางด้านข้างได้มากขึ้นแต่ไม่ได้หมายความว่าอาคารจะมีสมรรถนะที่ดีเสมอไป ทางด้านความเหนียวของการเสริมกำลังด้วยวิธีค้ำยันแนวทแยงนั้นมีค่าน้อยที่สุดเนื่องจากความสามารถทางด้านการเคลื่อนตัวทางด้านข้างต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับวิธีอื่น ๆ สำหรับพิกัดสมรรถนะของอาคารนั้นเลยจุดสูงสุดของความสามารถในการรับแรงแผ่นดินไหว จึงควรเพิ่มหน้าตัดเหล็กค้ำยันให้มีขนาดใหญ่ขึ้น เพื่อให้อาคารสามารถรับแรงแผ่นดินไหวในช่วงอิลาสติกของอาคาร

3. ผลการวิเคราะห์กรณีอาคารตัวอย่างที่เสริมกำลังด้วยวิธีเสริมผนังรับแรงเฉือนทำให้ความสามารถโดยรวมของอาคารดีขึ้นทั้ง กำลัง สตีฟเนส และความเหนียว เมื่อเทียบกับอาคารที่เดิมพิกัดสมรรถนะของอาคารอยู่ในระดับที่ดียังมีกำลังสำรอง (ความสามารถสำหรับต้านแรงแผ่นดินไหว)อีก 10.89% ของกำลังสูงสุดที่สามารถรับได้ อาคารนั้นอยู่ในระดับที่ดีพอสมควรความเสียหายที่เกิดขึ้นในอาคารนั้นอยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อชีวิต

6.5 ผลการวิเคราะห์อาคารที่เสริมกำลังด้วยวิธีต่าง ๆ ในทิศ X-X

1. ผลการวิเคราะห์กรณีอาคารตัวอย่างที่เสริมกำลังด้วยวิธีขยายหน้าตัดเสาจากเงื่อนไขเนื่องจากพื้นที่การใช้งานของอาคารโรงเรียนในทิศ X-X และหน้าตัดเสาที่ใช้หน้าตัดเดียวกันกับทิศ Y-Y จึงทำให้ กำลังและ สตีฟเนสของอาคารเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย แต่ความสามารถด้านความเหนียวนั้นมีค่าเพิ่มขึ้นเนื่องจากเล็กเสริมที่เพิ่มขึ้นจากหน้าตัดเดิมการเสริมกำลังแบบขยายหน้าตัดเสาพิกัดสมรรถนะอยู่หลังจุดสูงสุดของสเปกตรัมสมรรถนะทำให้อาคารไม่ปลอดภัยจากแรงแผ่นดินไหว ดังนั้นควรจะเพิ่มหน้าตัดเสาในทิศ X-X ให้มีขนาดใหญ่ขึ้นเพื่อให้ความสามารถรับแรงแผ่นดินไหวได้ปลอดภัยขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2. ผลการวิเคราะห์กรณีอาคารตัวอย่างที่เสริมกำลังด้วยวิธีเสริมค้ำยันแนวทแยงจะเห็นว่า กำลัง สตีฟเนสและ ความเหนียวของอาคารเพิ่มขึ้น ทำให้อาคารมีความสามารถรับแรงทางด้านข้างได้มากขึ้น สำหรับสมรรถนะของอาคารนั้นอยู่ในระดับที่ดี พิกัดสมรรถนะของอาคารอยู่ในระดับที่ยังมีกำลังสำรอง (ความสามารถสำหรับต้านแรงแผ่นดินไหว) 17.52% ของกำลังสูงสุดที่สามารถรับได้ ความเสียหายของอาคารเกิดมากในค้ำยันชั้นที่ 1 แต่โครงสร้างหลักของอาคารโดยรวมยังเกิดความเสียหายอยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อชีวิต

3. ผลการวิเคราะห์กรณีอาคารตัวอย่างที่เสริมกำลังด้วยวิธีเสริมผนังรับแรงเฉือนทำให้ความสามารถโดยรวมของอาคารดีขึ้นทั้ง กำลัง สตีฟเนส และ ความเหนียวเมื่อเทียบกับอาคารเดิม พิกัดสมรรถนะของอาคารอยู่ในระดับที่ยังมีกำลังสำรอง (ความสามารถสำหรับต้านแรงแผ่นดินไหว)อีก 4.45% ของกำลังสูงสุดที่สามารถรับได้ สำหรับสมรรถนะของอาคารนั้นอยู่ในระดับความเสียหายที่เกิดขึ้นในอาคารอยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อชีวิตส่วนผนังรับแรงเฉือนเกิดความเสียหายเพียงเล็กน้อย ความสามารถของกำลังที่เพิ่มขึ้นมากนั้นเนื่องมาจากได้ออกแบบให้ผนังรับแรงเฉือนรับแรงด้านข้างทั้งหมดแทนตัวอาคาร

6.6 ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ศึกษาถึงความสามารถรับแรงด้านข้างของอาคารโรงเรียนในเขตเทศบาลจังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งเป็นการนำเอาอาคารที่มีลักษณะส่วนมากมาทำการวิเคราะห์ความประสิทธิ์ภาพของอาคารโรงเรียนต่อแรงแผ่นดินไหวเพื่อเป็นแนวทางในการป้องกันและปรับปรุงอาคารให้เกิดความปลอดภัยต่อชีวิตของผู้ใช้อาคาร โดยงานวิจัยนี้ได้แนะนำการเสริมกำลังโดยวิธีต่าง ๆ ดังที่ได้แสดงให้เห็นในบทที่กล่าวมา บางวิธียังไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควรบางวิธียังสามารถเปลี่ยนตำแหน่งหรือขนาดของการเสริมกำลังได้อีกหลายแบบ ดังนั้นแนวทางวิจัยเพิ่มเติมเพื่อศึกษาถึงการเสริมกำลังของอาคารโรงเรียนให้มีประสิทธิภาพสูงสุดมีดังต่อไปนี้

1. ศึกษาการเสริมกำลังในแต่ละวิธีให้มีประสิทธิภาพสูงสุดต่ออาคารโรงเรียน เช่น การเปลี่ยนตำแหน่ง การเสริมกำลัง เปลี่ยนขนาดการเสริมกำลังที่เหมาะสม

2. วิเคราะห์การเสริมกำลังแบบใหม่ ๆ เช่น การเสริมกำลังด้วยวัสดุคอมโพสิตเสริมเส้นใย ซึ่งในปัจจุบันเป็นวิธีที่ได้รับความสนใจในหลายประเทศ

3. ควรมีการตรวจสอบความสามารถของฐานรากว่าสามารถรับน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการเสริมกำลังได้หรือไม่ เมื่อฐานรากไม่สามารถรับน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นได้ควรทำการเสริมกำลังให้ฐานรากด้วยเช่นกัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved