บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความนำ

ในการวิเคราะห์อาคารสูง สิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงคือ ความแข็งแรงเพียงพอในการรับแรงกระทำด้านข้าง เช่น แรงลม โดยทั่วไปแล้วจะออกแบบให้ผนังต้านแรงเฉือน (Shear Wall) รับแรงกระทำด้านข้างร่วมกับโครงข้อแข็ง เนื่องจากผนังต้านแรงเฉือนมีสติฟเนสทางด้านข้างสูง ทั้งนี้เพื่อควบคุมการโย้ของอาคารให้อยู่ในพิกัด

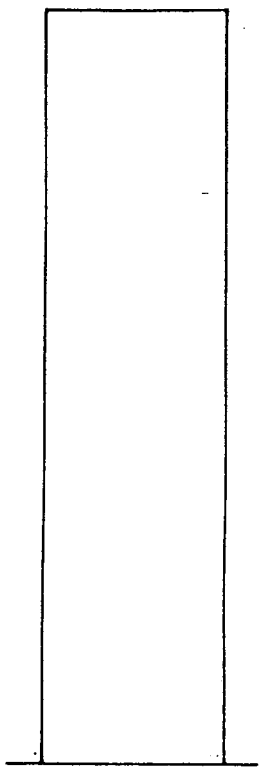
ผนังต้านแรงเฉือนมีรูปแบบต่าง ๆ กัน ดังแสดงในรูปที่ 1.1 เป็นผนังต้านแรงเฉือนแบบไม่มีช่องเปิด (Shear Wall without Openings) ซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้โดยใช้ทฤษฎีการดัด เพื่อหาค่าสติฟเนสและหน่วยแรงภายในได้ สำหรับผนังต้านแรงเฉือนแบบไม่มีช่องเปิดที่มีความกว้างมากเมื่อเทียบกับความสูง การวิเคราะห์ต้องคิดผลของการเคลื่อนที่เนื่องจากแรงเฉือน (Shear Deformations) ด้วย

ในบางกรณีเมื่อผู้ออกแบบต้องการช่องเปิดในผนังต้านแรงเฉือนเพื่อใช้เป็นทางเดินภายในอาคารหรือใช้เป็นช่องหน้าต่าง ช่องเปิดเหล่านี้มักมีลักษณะเป็นช่องสี่เหลี่ยมโดยอาจมีอยู่อย่างต่อเนื่องตลอดความสูงหรือมีเฉพาะบางชั้นก็ได้ ดังแสดงในรูปที่ 1.2 และ 1.3

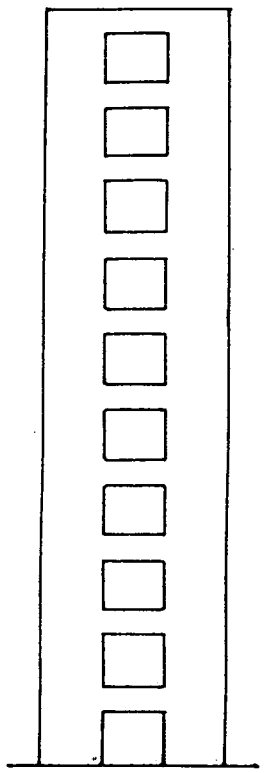
1.2 ความเป็นมาของปัญหา

การวิเคราะห์ผนังต้านแรงเฉือนแบบมีช่องเปิด(Shear Wall with Openings) นั้นสามารถทำได้โดยหาคำตอบจากสมการ Plane-Stress Elasticity ซึ่งให้ผลที่ถูกต้อง แต่วิธีดังกล่าวทำได้ยากและไม่เหมาะสมในเชิงปฏิบัติ ส่วนการวิเคราะห์อย่างประมาณสามารถวิเคราะห์ได้หลายวิธีดังต่อไปนี้

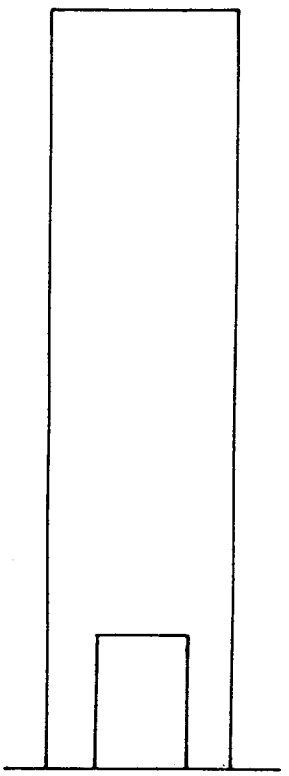
1.2.1 การวิเคราะห์อย่างประมาณโดยวิธี Shear Connection[4-9,26] ซึ่งเป็นการวิเคราะห์โดยการสร้างสมการเชิงอนุพันธ์ (Differential Equation) และแก้สมการหาคำตอบโดยอาศัยเงื่อนไขที่จุดรองรับและที่ปลายของผนังต้านแรงเฉือน วิธีการนี้สามารถคำนวณ



รูปที่ 1.1 ผนังด้านแรงเฉือนแบบไม่มีช่องเปิด



รูปที่ 1.2 ผนังด้านแรงเฉือนแบบมีช่องเปิดต่อเนื่องตลอดความสูง

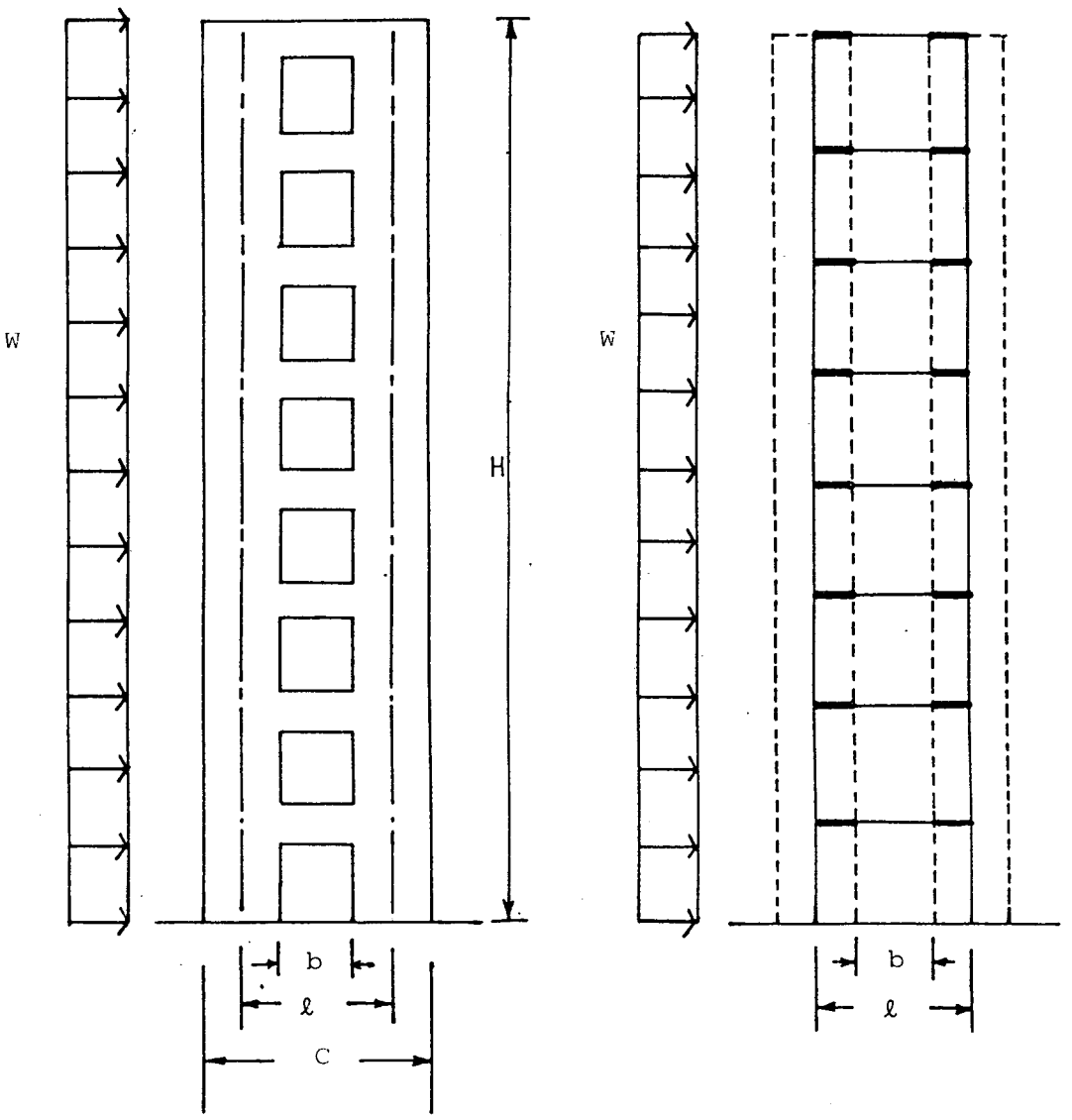


รูปที่ 1.3 ผนังด้านแรงเฉือนแบบมีช่องเปิดเฉพาะบางชั้น

ได้ง่ายโดยใช้เครื่องคำนวณธรรมดา แต่มีขอบเขตจำกัดหลายอย่าง เช่น ช่องเปิดต้องมีขนาดเท่ากันและมีอยู่อย่างต่อเนื่องตลอดความสูง โดยตำแหน่งของช่องเปิดต้องอยู่ตรงกลางของผนังด้านแรงเฉือน (ดังแสดงในรูปที่ 1.2) ในกรณีที่ช่องเปิดอยู่เยื้องไปทางด้านใดด้านหนึ่งมากเกินไปจะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในคำตอบที่ได้ [2]

1.2.2 การวิเคราะห์อย่างประมาณโดยวิธีไฟไนต์เอเลเมนต์ (Finite Element) ในปัจจุบันเป็นที่ยอมรับว่าเป็นวิธีการวิเคราะห์โครงสร้างได้หลายรูปแบบ และให้คำตอบที่น่าเชื่อถือ ในงานวิจัยนี้ถือเอาวิธีการวิเคราะห์นี้เป็นหลักในการตรวจสอบความแม่น (Accuracy) ของคำตอบที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีอื่น [28] แต่ข้อเสียสำหรับการวิเคราะห์ด้วยวิธีนี้ก็คือ โปรแกรมการวิเคราะห์ส่วนใหญ่จะใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่ที่มีหน่วยความจำมาก โดยใช้เวลาในการคำนวณนาน อีกทั้งต้องเสียเวลาในการเตรียมข้อมูลและการป้อนข้อมูลมากและผลที่ได้จากการคำนวณจะอยู่ในรูปของหน่วยแรงภายในชิ้นส่วน ในขณะที่การออกแบบโครงสร้างส่วนใหญ่ต้องการค่าแรงดัดแรงเฉือนและแรงตามแนวแกนที่ตำแหน่งต่าง ๆ ของชิ้นส่วน

1.2.3 การวิเคราะห์อย่างประมาณโดยวิธีจำลองโครงสร้างเป็นโครงข้อแข็ง (Frame Method) การวิเคราะห์ด้วยวิธีนี้จะจำลองผนังด้านแรงเฉือนออกเป็นโครงสร้างที่ประกอบด้วยเสาที่มีขนาดกว้าง 2 ต้นต่อติดกันโดยคานระหว่างกลาง ดังแสดงในรูปที่ 1.4 ในแต่ละชิ้นส่วนของเสาและคานจะหาค่าสัมประสิทธิ์ของสติฟเนสเมตริกซ์ (Stiffness Matrix Coefficients) โดยคิดผลของการเคลื่อนที่เนื่องจากแรงเฉือนและผลของความแข็งอนันต์ที่ส่วนปลาย (Rigid End Part) ด้วย การวิเคราะห์ด้วยวิธีจำลองผนังด้านแรงเฉือนเป็นโครงข้อแข็งนี้สามารถวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมการวิเคราะห์โครงข้อแข็งทั่วไป ซึ่งเป็นโปรแกรมขนาดเล็ก สามารถใช้กับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ได้ อีกทั้งการเตรียมและการป้อนข้อมูลก็น้อยกว่าวิธีไฟไนต์เอเลเมนต์ นอกจากนี้ยังสามารถใช้วิธีการนี้ในการวิเคราะห์โครงสร้างร่วมกันของผนังด้านแรงเฉือนกับโครงข้อแข็ง (Shear Wall Frame Interaction) ด้วย สำหรับในการเก็บข้อมูลของสติฟเนสเมตริกซ์และการแก้สมการสมดุลย์ของแรงนั้น ในโปรแกรมวิเคราะห์โครงข้อแข็งส่วนใหญ่จะใช้การเก็บข้อมูลของสติฟเนสเมตริกซ์ ในลักษณะของการเก็บแบบเมตริกซ์ครึ่งแถบที่สมมาตร (Half Banded Symmetric Matrix) [3] และแก้สมการสมดุลย์ของแรงโดยวิธีการกำจัดของเกาซ์ แต่สำหรับในงานวิจัยนี้จะใช้วิธีการเก็บข้อมูลและการแก้สมการสมดุลย์โดยวิธีการฟรอนทัล ซึ่งเป็นวิธีที่พัฒนา



รูปที่ 1.4 การจำลองโครงสร้างผนังต้านแรงเฉือนแบบมีช่องเปิด เป็นโครงข้อแข็ง

มาจากวิธีการกำจัดของเกาซ์ ทั้งนี้เพื่อเป็นการประหยัดหน่วยความจำภายในของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์

การวิเคราะห์ด้วยวิธีจำลองผนังต้านแรงเฉือนเป็นโครงข้อแข็งนี้มีขอบเขตจำกัดบางประการ กล่าวคือ ความแม่นของคำตอบที่ได้ถูกจำกัดด้วยเงื่อนไขทางด้านรูปทรงของผนังต้านแรงเฉือนและขนาดของช่องเปิด เช่น เมื่อช่องเปิดของผนังต้านแรงเฉือนมีขนาดเล็ก จะทำให้คานและเสามีขนาดใหญ่เกินไป การวิเคราะห์ด้วยวิธีนี้อาจให้คำตอบไม่ถูกต้อง ฉะนั้นในงานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อหาขอบเขตการวิเคราะห์ผนังต้านแรงเฉือนแบบมีช่องเปิดด้วยวิธีนี้ รวมทั้งพฤติกรรมและความสัมพันธ์ระหว่างผนังต้านแรงเฉือนกับ การทรุดของฐานราก

สำหรับรายละเอียดของการวิเคราะห์และผลของการวิเคราะห์จะกล่าวโดยละเอียดในบทที่ 2, 3, 4 และ 5 ตามลำดับ

1.3 ภูมิหลังของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Chitty กับ Wan[4,5] ได้เป็นผู้ริเริ่มแนวทฤษฎีการวิเคราะห์ผนังต้านแรงเฉือนแบบมีช่องเปิดด้วยวิธี Shear Connection ซึ่งต่อมา Beck[6], Rosman[7] และ Coull[8-11] ได้พัฒนาวิธีการวิเคราะห์ดังกล่าวโดยคิดผลของการเคลื่อนที่เนื่องจากแรงตามแนวแกน (Axial Deformation) และผลของการเคลื่อนที่เนื่องจากแรงเฉือน (Shear Deformation) เพิ่มเข้าไปด้วย และในราวปี พ.ศ. 2510 Schwaighofe[13] ได้ทำการทดลองเปรียบเทียบทฤษฎี Shear Connection กับตัวอย่างที่จำลองขึ้นโดยสรุปผลว่าแนวทฤษฎีใช้ได้กับโครงสร้างผนังต้านแรงเฉือนในขอบเขตที่จำกัด

Schwaighofe กับ Microys[14] ได้เสนอผลการวิเคราะห์ผนังต้านแรงเฉือนแบบมีช่องเปิดและการรับแรงร่วมกันของผนังต้านแรงเฉือนกับโครงข้อแข็ง (Shear Wall Frame Interaction) โดยวิธีจำลองผนังต้านแรงเฉือนเป็นโครงข้อแข็ง ซึ่งผลที่ได้จากการวิเคราะห์เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับการทดลอง ปรากฏว่าความแม่นยำของคำตอบที่ได้จากการวิเคราะห์อยู่ในเกณฑ์ที่น่าพอใจ

Smith[15] ได้ทำการศึกษาค้นคว้าวิธีการวิเคราะห์ผนังต้านแรงเฉือนแบบมีช่องเปิดโดยการจำลองโครงสร้างเป็นโครงข้อแข็งและดัดแปลงค่าสติฟเนสของคานโดยคิดผลของส่วนปลายที่มีความแข็งอนันต์ ผลที่ได้นี้จะนำไปประยุกต์ใช้กับโปรแกรมวิเคราะห์โครงข้อแข็งทั่วไป

Macleod[2] ได้รวบรวมผลงานการวิเคราะห์ผนังต้านแรงเฉือนและโครงข้อแข็งในหนังสือ Shear-Wall and Frame Interaction ของ PCA เนื้อหาบางตอนในหนังสือกล่าวถึงการวิเคราะห์ผนังต้านแรงเฉือนแบบมีช่องเปิด ซึ่งแบ่งออกได้ 3 วิธีการ คือ

1.3.1 การวิเคราะห์โดยวิธี Shear Connection

1.3.2 การวิเคราะห์โดยการจำลองโครงสร้างเป็นโครงข้อแข็ง

1.3.3 การวิเคราะห์โดยวิธีไฟไนต์เอเลเมนต์

สำหรับการวิเคราะห์โดยวิธีไฟไนต์เอเลเมนต์นั้น Macleod[18] ได้เสนอเป็นผลงานในวารสารของ A.S.C.E.

Irons[24] ได้ทำการศึกษาค้นคว้าวิธีการฟรอนทัลขึ้นมา ในปี 2513 เพื่อใช้สำหรับการวิเคราะห์โครงสร้างชนิดไฟไนต์เอเลเมนต์ เขียนโปรแกรมเป็นภาษาโฟแทรน ใช้แก้ปัญหาของเมตริกซ์ที่สมมาตรและเป็นชนิดบวกแน่นอน

Johnson[36] ได้ทำการศึกษาการแบ่งเมตริกซ์ของฟรอนต์ให้มีขนาดเล็กเพื่อลดหน่วยความจำของเครื่องเมนเฟรม ในการวิเคราะห์โครงสร้างระบบไฟไนต์เอเลเมนต์ โดยเก็บข้อมูลแต่ละเมตริกซ์ย่อยลงในเทป

Thompson และ Shimazaki[37] ได้ทำการศึกษาดัดแปลงวิธีฟรอนทัลของ Irons โดยเก็บค่าสติฟเนสเมตริกซ์แบบสกายลาย (Skyline) พบว่าความต้องการในหน่วยความจำของเครื่องน้อยพอ ๆ กับวิธีฟรอนทัล ส่วนการอ่านและการเก็บข้อมูลจากแผ่นจานแม่เหล็กน้อยกว่าวิธี บล็อกสกายลาย (Block-Skyline)

Beer และ Haas[34] ได้นำวิธีการฟรอนทัลนี้ไปดัดแปลงโดยแบ่งขนาด เมตริกซ์ของฟรอนต์ให้เล็กลง เพื่อ เหมาะสมสำหรับการใช้งานกับไมโครคอมพิวเตอร์

เริง เดชา รัชตโพธิ์[38] พัฒนาโปรแกรมไมโครคอมพิวเตอร์สำหรับระบบไฟไนต์ เอ เล เมนต์ โดยอาศัยวิธีฟรอนทัลร่วมกับการใช้โครงสร้างย่อยในหลายระดับ (Multi-Level Substructuring)

ภาณุวัฒน์ คุรุรัตน์[25] พัฒนาโปรแกรมไมโครคอมพิวเตอร์สำหรับใช้วิเคราะห์โครงข้อแข็ง โดยอาศัยวิธีฟรอนทัล และพิจารณาถึงความผิดพลาดเนื่องจากการตัดตัวเลขที่เกินทิ้งไป (Truncation Error) และความผิดพลาดเนื่องจากการคำนวณ (Round-off Error)

1.4 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

วัตถุประสงค์ของการวิจัยมีดังต่อไปนี้

1.4.1 เพื่อศึกษาและทำการวิเคราะห์พฤติกรรมการรับแรงของผนังต้านแรงเฉือนแบบมีช่องเปิด โดยการจำลองโครงสร้างเป็นโครงข้อแข็ง ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ซึ่งได้แก่ การโก่งตัวและแรงภายในจะเปรียบเทียบความแม่นกับการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์ เอ เล เมนต์

1.4.2 ศึกษาถึงผลของช่องเปิดที่มีต่อผนังต้านแรงเฉือน โดยเปรียบเทียบกับวิธีการวิเคราะห์ที่มีผู้ทำมาแล้ว

1.4.3 ศึกษาถึงผลของการทรุดตัวของฐานรากที่มีต่อผนังต้านแรงเฉือน

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 โปรแกรมไมโครคอมพิวเตอร์ที่ได้จากงานวิจัยนี้สามารถใช้วิเคราะห์ผนังต้านแรงเฉือนแบบมีช่องเปิด โครงข้อแข็ง 2 มิติ ตลอดจนการรับแรงร่วมกันของโครงข้อแข็งและผนังต้านแรงเฉือน (Frame Shear Wall Interaction)

1.5.2 การวิเคราะห์ผนังค้านแรงเฉือนแบบมีช่องเปิด โดยการจำลองโครงสร้างเป็นโครงข้อแข็ง ทำได้ง่ายและรวดเร็วกว่าวิธีไฟไนต์เอเลเมนต์ แต่มีปัญหาเรื่องความแม่นของคำตอบที่ได้จากการวิเคราะห์ งานวิจัยนี้จะทำให้ทราบถึงข้อกำหนดและขอบเขตการวิเคราะห์ ซึ่งให้คำตอบที่มีความแม่นอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

1.5.3 การศึกษาถึงผลของช่องเปิดที่มีต่อผนังค้านแรงเฉือนทำให้ทราบถึงพฤติกรรมการโก่งตัวและหน่วยแรงที่เกิดขึ้นกับผนังค้านแรงเฉือนแบบมีช่องเปิด ซึ่งในบางครั้งเมื่อช่องเปิดมีขนาดเล็กผนังค้านแรงเฉือนแบบมีช่องเปิด อาจมีพฤติกรรมเข้าใกล้ผนังค้านแรงเฉือนแบบไม่มีช่องเปิด และเมื่อช่องเปิดมีขนาดใหญ่อาจทำให้ผนังค้านแรงเฉือนแบบมีช่องเปิดนั้นมีพฤติกรรมเข้าใกล้โครงข้อแข็ง การศึกษาดังกล่าวข้างค้นทำให้สามารถลดความยุ่งยากในด้านการคำนวณลงได้

1.5.4 การศึกษาถึงผลของการทรุดตัวของฐานรากที่มีต่อผนังค้านแรงเฉือนแบบมีช่องเปิด ทำให้ทราบถึงพฤติกรรมการรับแรงของผนังค้านแรงเฉือน

1.5.5 ผลการวิจัยนี้สามารถใช้เป็นตำราสำหรับผู้สนใจ เพื่อนำไปประยุกต์ต่อไป