บทที่ 1

บทนำ

วิธีวิเคราะห์โดยประมาณสำหรับ โครงสร้างอาคารหลายชั้นที่รับแรงกระทำด้านข้าง เช่น แรงลม และแรงกระทำเนื่องจากแผ่นดินไหว มีหลายวิธีด้วยกัน ซึ่งช่วยลดความยุ่งยาก และประหยัดเวลาในการวิเคราะห์ลงมาก เหมาะสำหรับงานขั้นต้นในการออกแบบคำนวณโครงสร้างและจากการศึกษาที่แล้ว ๆ มา ได้เป็นที่ยอมรับกันทั่วไปว่าการวิเคราะห์แบบนี้ ให้ผลเป็นที่น่าเชื่อถือได้พอสมควร

แม้ว่าจะได้มีผู้เสนอวิธีการวิเคราะห์โดยประมาณไว้หลายวิธีด้วยกันก็ตาม แต่ก็ยังคงจำกัดอยู่เฉพาะบางรูปแบบของโครงสร้างที่มาประกอบกันเข้าเป็นโครงอาคาร นอกจากนี้ ข้อสมมุติฐานบางอย่าง ซึ่งส่งผลถึงความละเอียดถูกต้องตลอดจนความยากง่ายในการนำไปใช้ ก็เป็นข้อจำกัดอีกอย่างหนึ่ง จึงทำให้ต้องมีการศึกษาในเรื่องเหล่านี้เพิ่มขึ้น

ในโครงสร้างอาคารหลายชั้นที่ประกอบด้วย ผนังรับแรงเฉือนและโครงข้อแข็ง การออกแบบอาคารเหล่านี้ บางครั้งอาจหลีกเลี่ยงไม่ได้ ที่จะต้องมีช่องว่างในผนังรับแรงเฉือนเพื่อเป็นช่องหน้าต่างหรือประตู ซึ่งทำให้เกิดลักษณะเป็นผนังรับแรงเฉือนคู่ เชื่อมต่อด้วยคานหรือแผ่นพื้น ซึ่งจะมีพฤติกรรมแตกต่างไปจากผนังรับแรงเฉือนเดี่ยว ดังนั้นระบบโครงสร้างอาคารหลายชั้น จึงอาจประกอบไปด้วย ผนังรับแรงเฉือนเดี่ยว ผนังรับแรงเฉือนคู่ และโครงข้อแข็ง ซึ่งวิทยานิพนธ์นี้มุ่งที่จะศึกษา หาวิธีวิเคราะห์โดยประมาณสำหรับโครงสร้างประเภทนี้

การสำรวจผลงานในอดีต

การนำเอาผนังรับแรงเฉือนมาประกอบกันเข้ากับโครงข้อแข็งเป็นโครงสร้างอาคารหลายชั้น เพื่อรับแรงกระทำด้านข้างเริ่มขึ้นประมาณปี 1940[1] ซึ่งวิธีประมาณในสมัยแรก ๆ นั้น ถือเอาว่า ผนังรับแรงเฉือนรับแรงกระทำด้านข้างทั้งหมดโดยที่โครงข้อแข็งรับแรงกระทำในแนวดิ่งเพียงอย่างเดียว[2] ซึ่งจะให้ค่าแรงต่าง ๆ ในผนังรับแรงเฉือนมากกว่าความเป็นจริง และในขณะเดียวกัน ค่าของแรงต่าง ๆ ในโครงข้อแข็งจะน้อยกว่าความเป็นจริงไปมาก

ในปี 1964 กาห์น และสบารูนีส[3] (Kahn and Sbarounis) ได้ประยุกต์วิธีการอิเตอเรชั่น (Iteration Method) มาใช้ในการวิเคราะห์โครงอาคารหลายชั้นที่ประกอบด้วย ผนังรับแรงเฉือนเดี่ยวและโครงข้อแข็ง โดยสมมติในขั้นต้นว่า ผนังรับแรงเฉือนเดี่ยว **รับแรงกระทำด้านข้างทั้งหมด** แล้วคำนวณหาระยะเอน (deflection)สมมุติของผนังได้จากนั้นโดยอาศัยวิธีกระจายโมเมนต์(Moment Distribution) ก็สามารถหาแรงด้านข้างที่โครงข้อแข็งรับไป ดังนั้นแรงกระทำด้านข้างที่ผนังรับแรงเฉือนจะเปลี่ยนไป ซึ่งสามารถคำนวณหาระยะเอนของผนังรับแรงเฉือนค่าใหม่ได้ และจากค่าระยะเอนค่าใหม่

---

[1] American Concrete Institute Committee 442," Response of Buildings to Lateral Forces," Journal of the American Concrete Institute 68(Febuary 1971) : 98.

[2] Fazlur R. Kahn, and John A. Sbarounis, "Interaction of Shear Walls and Frames," Journal of the Structural Division, Proceedings of the American Society of Civil Engineering 90(June 1964) : 286.

[3] Ibid., pp. 285 - 335.

นี้สามารถหาแรงกระทำด้านข้างบนโครงข้อแข็งได้ค่าใหม่อีก ทำเช่นนี้สลับกันไปจนค่าระยะเอนไม่เปลี่ยนแปลง

โดยวิธีการของ ไฟไนต์ ดิฟเฟอเรนซ์ (Finite Difference Technique) กูลด์[4] (Gould) แทนโครงข้อแข็งด้วยลักษณะสปริง แล้วเขียนสมการสมดุลย์ของแรงในรูปของสมการทางพีชคณิตหนึ่งชุด ซึ่งสามารถหาค่าระยะเอนของอาคารได้ แต่การแก้สมการพีชคณิตชุดนี้ หากไม่ใช้เครื่องจักรประมวลผลเข้าช่วย จะต้องใช้เวลามาก และเป็นงานที่น่าเบื่อหน่าย

เมค ลีออด[5] (Mac Lead) ได้เสนอวิธีการวิเคราะห์โครงอาคารหลายชั้นที่ประกอบด้วยโครงข้อแข็งและผนังรับแรงเฉือน ซึ่งอาจจะเป็นผนังรับแรงเฉือนเดี่ยว หรือผนังรับแรงเฉือนคู่อย่างใดอย่างหนึ่ง โดยถือเอาว่า ผนังรับแรงเฉือนรับแรงกระทำด้านข้างทั้งหมด แล้วถ่ายแรงให้กับโครงข้อแข็งเฉพาะจุดยอดเท่านั้น เมื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างระยะเอนที่จุดยอดกับแรงกระทำด้านข้างได้ ก็สามารถที่จะหาระยะเอนของอาคารได้ แต่วิธีนี้ค่อนข้างหยาบ เพราะไม่ได้คำนึงถึงความต่อเนื่องระหว่างโครงข้อแข็งกับผนังรับแรงเฉือนที่จุดอื่น ๆ นอกจากจุดยอดเพียงจุดเดียว

นอกจากวิธีการดังกล่าวข้างต้นแล้ว ยังมีผู้เสนอวิธีการของ คอนตินัม (Continuum Connection Technique) ในการวิเคราะห์โครงอาคารที่ประกอบด้วยโครง

---

[4]Philip L. Gould, "Interaction of Shear Wall Frame Systems in Multistory Buildings," Journal of the American Concrete Instituue 62(January 1965) : pp. 45 - 70.

[5]Iain A. Mac Leod, "Shear Wall-Frame Interaction. A Design Aid," Portland Cement Association (1970), pp. 1 - 17.

ข้อแข็งและผนังรับแรงเฉือนเดี่ยว ไฮด์เบรชท์ และสมิธ[6] (Heidebrecht and Smith) ได้แทนโครงข้อแข็งด้วยผนังสมมุติ ที่มีความต่อเนื่องตลอดความสูงของอาคาร แล้วหาความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำด้านข้างกับระยะเอน ทั้งของโครงข้อแข็งและผนังรับแรงเฉือนเดี่ยว โดยแสดงไว้ในรูปของสัญญลักษณ์ทางแคลคูลัส แล้วอาศัยหลักการสมดุลย์ของแรงในแนวราบ ก็จะได้สมการดิฟเฟอเรนเชียล ซึ่งสามารถหาค่าฟังก์ชันของระยะเอนได้

สำหรับการวิเคราะห์โครงอาคารที่ประกอบด้วยผนังรับแรงเฉือนคู่นั้น วิธีการทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ อาศัยหลักการอย่างเดียวกัน คือ วิธีการของคอนตินัม โดยการแทนแรงเฉือนที่เกิดขึ้นในคานเชื่อม (coupling beams) แต่ละตัว ที่เชื่อมระหว่าง ผนังรับแรงเฉือนทั้งสอง ด้วยแรงเฉือนที่กระจายสม่ำเสมอในช่วงความสูงของชั้น วิธีการนี้ ชีตตี และวัน(Chitty and Wan) เป็นผู้ริเริ่ม และต่อมา เบค[7,8] (Beck) และ คูล

---

[6]Arthur C. Heidebrecht, and Bryan Stafford Smith, "Approximate Analysis of Tall-Wall Frame Structures," Journal of the Structural Division, Proceedings of the American Society of Civil Engineering 99(Febuary 1973) : pp. 199 - 221.

[7]Hubert Beck, "Contribution to Analysis of Coupled Shear Walls," Journal of the American Concrete Institute 59(August 1962): pp. 1055-1070.

[8]Hubert Beck, author's closure to" Contribution to Analysis of Coupled Shear Walls," Journal of the American Concrete Institute 60(March 1963) : pp. 2002-2004.

และเชาคูรี[9,10] (Coull and Choudhury) ได้วิเคราะห์โครงสร้างแบบเดียวกัน โดยคำนึงถึงผลที่เกิดจากความเครียดเชิงแกน (axial deformation) และความเครียดเชิงเฉือน (shear deformation) ที่เกิดขึ้นในผนังรับแรงเฉือนด้วย

บทความเกี่ยวกับวิธีการที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์โครงอาคารที่ประกอบด้วยผนังรับแรงเฉือนคู่กับโครงสร้างอย่างอื่นนั้นมีน้อยมาก คูลล์และอาดัมส์[11] (Coull and Adams) วิเคราะห์โครงอาคารที่ประกอบด้วย ผนังรับแรงเฉือนคู่กับผนังรับแรงเฉือนเดี่ยว โดยกำหนดให้แรงกระจายที่โครงสร้างแต่ละส่วนได้รับ ให้อยู่ในรูปของโพลีโนเมียล แล้วสมมุติว่า โครงสร้างทั้งสองส่วนต่อกันเป็นจุด ๆ โดยที่จำนวนจุดต่อขึ้นอยู่กับกำลังสูงสุดของโพลีโนเมียล ด้วยวิธีนี้ก็สามารถตั้งสมการเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ของพจน์ต่าง ๆ ในโพลีโนเมียลได้ กำลังสูงสุดของโพลีโนเมียลที่ใช้ ให้สูงขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งได้คำตอบที่ค่อนข้างคงที่ แมก ลีออด (Mac Leod)[12] ใช้หลักการคล้ายกับของคูลและอาดัมส์

---

[9] Alexander Coull, and J.R. Choudhury, "Stresses and Deflections in Coupled Shear Walls," Journal of the American Concrete Institute 64(Febuary 1967) : pp. 65-72.

[10] Alexander Coull, and J.R. Choudhury, "Analysis of Coupled Shear Walls," Journal of the American Concrete Institute 64(September 1967) : pp.587-593.

[11] A. Coull, and N.W. Adams, "A Simple Method of Analysis of the Load Distributions in Multistory Shear Wall Structures," in Response of Multistory Concrete Structures to Lateral Forces, ed. Mark Fintel (Detroit, Michigan, American Concrete Institute, 1973), pp. 187-216.

แต่ทำให้ง่ายขึ้นด้วยการสมมุติให้แรงกระทำต่อโครงสร้างทั้งสองกระจายเป็นสัดส่วนกับค่าสติฟเนสของมัน

ขอบข่ายของการวิจัย

ในวิทยานิพนธ์นี้ จะศึกษาวิธีการวิเคราะห์โดยประมาณสำหรับโครงสร้างอาคารหลายชั้น ที่ประกอบด้วย ผนังรับแรงเฉือนเดี่ยว ผนังรับแรงเฉือนคู่ และโครงข้อแข็ง โดยใช้วิธีการของคอนตินัม โดยสมมติให้แรงเฉือนที่เกิดขึ้นในคานเชื่อมเป็นแรงกระจาย และแทนโครงข้อแข็งด้วยผนังที่มีความต่อเนื่องตลอดความสูงของอาคาร แล้วหาความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ ระหว่างแรงกระทำด้านข้างกับระยะเอนของโครงสร้างทั้งสามประเภทดังกล่าว ในรูปของสัญลักษณ์ทางแคลคูลัส

อาศัยความสัมพันธ์ระหว่างแรงด้านข้างกับระยะเอนของโครงสร้างทั้งสามประเภท และหลักการสมดุลย์ของแรงในแนวราบจะได้สมการดิฟเฟอเรนเชียล ซึ่งแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเอนกับแรงด้านข้างที่มากระทำต่อตัวอาคาร เมื่อกำหนดขนาดและการกระจายของแรงที่มากระทำด้านข้างใด ๆ ก็สามารถแก้สมการหาระยะเอน ตลอดจนแรงต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในองค์อาคารทุกส่วนได้ จากนั้นจะได้หาคำตอบตัวอย่างสำหรับกรณีที่แรงกระทำด้านข้างมีลักษณะกระจายสม่ำเสมอกระจายเป็นรูปสามเหลี่ยม และแรงกระทำเป็นจุด

นอกจากนี้ เมื่อกำหนดให้โครงสร้างประเภทใดประเภทหนึ่งในสามประเภท มีคุณสมบัติ เชิงกลและเชิงเรขาคณิตมีค่าเป็นศูนย์ก็จะได้คำตอบสำหรับอาคารที่ประกอบด้วยโครงสร้างสองประเภทที่เหลือ คำตอบนี้จะนำไปเปรียบเทียบกับคำตอบที่ได้จากวิธีวิเคราะห์อื่น ๆ ซึ่งได้มีผู้ศึกษาไว้แล้ว

---

[12] Iain A. MacLeod, "Large Panel Structures," in Handbook of Concrete Engineering, ed. Mark Fintel (New York, N.Y. : Van Nostrand Reinhold Company, 1974), pp.433-448.