บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของปัญหา

การก่อสร้างอาคารสูงในปัจจุบัน ได้นำระบบแผ่นพื้นไร้คานเข้ามาใช้มากมายโดยใช้การก่อสร้างเป็นคอนกรีตเสริมเหล็กหรือคอนกรีตอัดแรงตามแต่ความเหมาะสม ระบบไม้แบบและการค้ำยันที่ใช้ระหว่างการก่อสร้างโครงสร้าง จะมีความสำคัญมากโดยเฉพาะในกรณีของอาคารสูง กล่าวคือ น้ำหนักของแผ่นพื้นคอนกรีตที่เทใหม่จะต้องสามารถแบกรับโดยแผ่นพื้นชั้นที่ต่ำกว่าได้ แต่จำนวนชั้นของแผ่นพื้นที่รองรับจะเป็นตัวแปรที่สำคัญของค่าใช้จ่ายระหว่างการก่อสร้าง เมื่อใช้ค้ำยันมากชั้นเกินไปก็จะทำให้ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างสูงขึ้นโดยไม่จำเป็น ดังนั้นการลดจำนวนชั้นของค้ำยันลงให้น้อยที่สุด โดยที่ไม่ทำให้เกิดความเสียหายต่อโครงสร้างหรือไม่ปลอดภัย จะลดค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับแบบหล่อคอนกรีตได้มาก

การก่อสร้างโครงสร้างแผ่นพื้นไร้คานคอนกรีตเสริมเหล็กหรือคอนกรีตอัดแรง จะต้องมีค้ำยันเพื่อรับน้ำหนักแผ่นพื้นที่เทใหม่ชั้นบนสุด โดยที่น้ำหนักของแผ่นพื้นที่เพิ่งเทจะถ่ายลงสู่แผ่นพื้นชั้นล่างโดยผ่านค้ำยัน แผ่นพื้นทุกแผ่นที่อยู่ในระบบค้ำยันจะแบ่งกันรับน้ำหนักของแผ่นพื้นทั้งหมดที่มีอยู่ในระบบรวมกับน้ำหนักของอุปกรณ์และเครื่องมือในระหว่างการก่อสร้างที่วางอยู่ ปกติแผ่นพื้นชั้นบนจะรับน้ำหนักได้น้อยขณะที่แผ่นพื้นชั้นล่างจะรับน้ำหนักได้มากกว่า เพราะคอนกรีตมีอายุแตกต่างกันตามลำดับขั้นตอนการก่อสร้าง น้ำหนักที่สะสมในแผ่นพื้นจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามขั้นตอนการก่อสร้าง จะทำให้แผ่นพื้นบางชั้นต้องรับน้ำหนักเกินความสามารถที่แผ่นพื้นชั้นนั้นๆจะต้านทานได้ถ้าใช้จำนวนชั้นของค้ำยันน้อยเกินไป

1.2 งานวิจัยที่ผ่านมา

Neilsen (1) ได้ทำการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างระบบค้ำยันกับแผ่นพื้นภายใต้น้ำหนักขณะการก่อสร้างที่กระทำต่อโครงสร้าง โดยสมมุติให้ ค้ำยันใต้แผ่นพื้นเป็นจุดรองรับยืดหยุ่น สติฟเนสของฐานมีค่าอนันต์ ไม่คิดโมเมนต์บิดและแรงเฉือนในค้ำยัน ไม่คิดการคืบตัว (creep) และการหดตัว (shrinkage) ในคอนกรีต และแผ่นพื้นยืดหยุ่นได้ เมื่อเขาทำการวิเคราะห์หาการแบกรับน้ำหนักของแผ่นพื้นโดยพิจารณาการโก่งตัวของแผ่นพื้นและการหดตัวของค้ำยัน แสดงให้เห็นว่า น้ำหนักที่แผ่นพื้นหรือค้ำยันแต่ละชั้นแบกรับไว้ จะคำนวณเป็นจำนวนเท่าของน้ำหนักแผ่นพื้นหนึ่งชั้นรวมกับน้ำหนักค้ำยันและเครื่องมือในการก่อสร้าง โดยสมมุติให้น้ำหนักของค้ำยันหนึ่งชั้นรวมกับน้ำหนักของเครื่องมือในการก่อสร้างมีค่า 10 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแผ่นพื้นหนึ่งชั้น จากการคำนวณ พบว่า แผ่นพื้นชั้นที่รับน้ำหนักมากที่สุดในการใช้ค้ำยัน 3 ชั้น คือ แผ่นพื้นชั้นที่ 3 มีค่า 2.56 เท่าของน้ำหนักแผ่นพื้นรวมกับน้ำหนักค้ำยัน แต่วิธีการคำนวณค่อนข้างจะยุ่งยาก เพราะต้องวิเคราะห์หาการโก่งตัวของแผ่นพื้นแต่ละชั้นและการหดตัวของค้ำยัน จึงจะแปลงการโก่งตัวของแผ่นพื้นและการหดตัวของค้ำยันให้เป็นแรงที่แผ่นพื้นและค้ำยันแบกรับไว้

ต่อมา Grundy และ Kabaila (2) ได้แสดงว่าในการก่อสร้างแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กแต่ละชั้น จะมีสองขั้นตอนที่ทำให้น้ำหนักขณะการก่อสร้างถ่ายลงสู่แผ่นพื้นและค้ำยัน คือเมื่อมีการเทคอนกรีตแผ่นพื้นชั้นสูงสุดและเมื่อถอดค้ำยันชั้นล่างสุดออก เขาได้เสนอวิธีการวิเคราะห์อย่างง่ายเพื่อคำนวณหาสัดส่วนน้ำหนักบรรทุกที่เกิดขึ้นในขณะการก่อสร้างที่ถ่ายลงสู่แผ่นพื้นชั้นล่างๆ โดยสมมุติให้สติฟเนสของค้ำยันมีค่าอนันต์เมื่อเปรียบเทียบกับสติฟเนสของแผ่นพื้น ดังนั้นน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นระหว่างการก่อสร้างจากการหล่อแผ่นพื้น จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับสติฟเนสของแผ่นพื้นแต่ละชั้น ซึ่งสติฟเนสของแผ่นพื้นแต่ละชั้นเป็นสัดส่วนโดยตรงกับโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีต เขาคำนวนหาน้ำหนักบรรทุกที่ถ่ายลงแผ่นพื้น โดยใช้ค้ำยันสามชั้น ในอัตราการก่อสร้างเจ็ดวันต่อชั้น เมื่อพิจารณาสติฟเนสของแผ่นพื้นแปรผันตามอายุ มาคำนวณหาการกระจายน้ำหนักของแต่ละแผ่นพื้นรับไว้ พบว่า แผ่นพื้นชั้นที่รับน้ำหนักมากที่สุด คือ แผ่นพื้นชั้นที่สาม มีค่า 2.36 เท่าของน้ำหนักแผ่นพื้นรวมกับน้ำหนักของค้ำยัน แต่เมื่อพิจารณาสติฟเนสของแผ่นพื้นมีค่าคงที่ โดยไม่คำนึงถึงอายุของคอนกรีตในขณะการก่อสร้าง ดังนั้นการกระจายน้ำหนักของแต่ละแผ่นพื้นรับไว้จะมีค่าเท่ากัน พบว่าน้ำหนักบรรทุกที่ถ่ายลงแผ่นพื้นชั้นที่สามมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 2.35 เท่าของน้ำหนักแผ่นพื้นรวมกับน้ำ

หนักของค้ำยัน เขาจึงสรุปว่าสติฟเนสของแผ่นพื้นมีผลต่อสัดส่วนน้ำหนักบรรทุกที่ถ่ายลงแผ่นพื้นระหว่างการก่อสร้างไม่มากนัก

ต่อมา Beresford (3) ทำการวิเคราะห์โครงสร้างแผ่นพื้นไร้คานคอนกรีตเสริมเหล็ก เพื่อหาสัดส่วนน้ำหนักบรรทุกที่ถ่ายลงแผ่นพื้น พบว่า สิ่งที่มีผลต่อสัดส่วนน้ำหนักบรรทุกที่ถ่ายลงแผ่นพื้นได้แก่ สติฟเนสของค้ำยัน กำลังอัดของคอนกรีตและอัตราการก่อสร้างแผ่นพื้นต่อชั้น เมื่อเขาทำการวิเคราะห์โดยสมมุติให้สติฟเนสของค้ำยันขึ้นกับขนาดและชนิดของค้ำยัน สติฟเนสของแผ่นพื้นขึ้นกับโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีต ซึ่งเป็นสัดส่วนโดยตรงกับอายุของคอนกรีต มาคำนวณหาน้ำหนักบรรทุกที่ถ่ายลงพื้น Beresford จึงสรุปว่า เมื่อใช้ค้ำยันไม้ซึ่งมีสติฟเนสไม่มากนัก จะทำให้สัดส่วนน้ำหนักบรรทุกที่ถ่ายลงแผ่นพื้น มีค่าน้อยกว่าการใช้ค้ำยันเหล็กที่มีสติฟเนสสูงกว่า เมื่อใช้คอนกรีตกำลังสูงแทนคอนกรีตธรรมดา ทำให้การพัฒนาความต้านทานการแบกรับน้ำหนักของแผ่นพื้นเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และเมื่อใช้อัตราการก่อสร้างนานขึ้น ทำให้แผ่นพื้นมีเวลามากขึ้นในการพัฒนาการแบกรับน้ำหนัก และจะลดความเสียหายที่เกิดขึ้นกับแผ่นพื้นขณะแบกรับน้ำหนักบรรทุกที่ถ่ายลงมา นอกจากนี้เขายังได้ทำการวิเคราะห์โครงสร้าง โดยเปลี่ยนแปลงจำนวนชั้นของค้ำยัน เพื่อหาสัดส่วนน้ำหนักบรรทุกสูงสุดที่ถ่ายลงแผ่นพื้น พบว่า เมื่อใช้ค้ำยัน สอง สาม สี่ และ ห้า ชั้น จะทำให้แผ่นพื้นชั้นที่ สอง สาม สี่ และ ห้า แบกรับน้ำหนักบรรทุกสูงสุดในแต่ละโครงสร้าง มีค่า 2.25 2.35 2.45 และ 2.55 เท่าของน้ำหนักแผ่นพื้นและน้ำหนักค้ำยันตามลำดับ

Taylor (4) ได้เสนอแนะวิธีการลดสัดส่วนน้ำหนักบรรทุกที่ถ่ายน้ำหนักลงสู่แผ่นพื้น ในระหว่างการก่อสร้าง โดยวิธีการคลายค้ำยันออกเพื่อลดความเครียด และค้ำยันกลับเข้าไปใหม่เพื่อรับน้ำหนักที่ถ่ายลงสู่แผ่นพื้นชั้นล่างๆเมื่อเทคอนกรีตแผ่นพื้นชั้นบนสุด โดยค้ำยันต้องเป็นค้ำยันเหล็กที่มีคุณสมบัติเป็นเกลียวเร่งได้ จึงจะสามารถทำการคลายค้ำยันและค้ำยันกลับเข้าไปใหม่ได้ วิธีการคลายค้ำยันจะเริ่มต้นหลังจากการเทแผ่นพื้นชั้นบนสุด แล้วบ่มคอนกรีตของแผ่นพื้นที่เทใหม่จนสามารถแบกรับน้ำหนักตัวเองได้ จึงทำการคลายค้ำยันในชั้นที่สูงสุด และลดลงมาทีละชั้นจนถึงค้ำยันชั้นล่างสุด ดังนั้นแผ่นพื้นแต่ละชั้นจะแบกรับน้ำหนักเฉพาะน้ำหนักตัวเองรวมกับน้ำหนักค้ำยันหนึ่งชั้นเท่านั้น หลังจากทำการค้ำยันกลับเข้าไปใหม่แล้วทำการเทคอนกรีตแผ่นพื้นชั้นบนสุด น้ำหนักที่ถ่ายลงแผ่นพื้นชั้นล่างๆจะมีเพียงน้ำหนักของแผ่นพื้นชั้นบนสุด Taylor (4) พบว่า เมื่อใช้ค้ำยันสามชั้นและสติฟเนสของแผ่นพื้นแปรผันตามโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีต และใช้อัตราการก่อสร้าง

แผ่นพื้นเจ็ดวันต่อชั้น สัดส่วนน้ำหนักบรรทุกสูงสุดที่ถ่ายลงสู่แผ่นพื้นทุกๆชั้นมีค่าเท่ากัน คือ 1.44 เท่าของน้ำหนักแผ่นพื้นรวมกับน้ำหนักค้ำยัน

Agawal และ Gardner (5) ทำการวิเคราะห์หาสัดส่วนน้ำหนักบรรทุกที่ถ่ายลงสู่แผ่นพื้นในระบบค้ำยัน โดยทำการเก็บข้อมูลจากสถานที่ก่อสร้างสองแห่ง แห่งแรกคืออาคารสูง 22 ชั้นที่ Ottawa เก็บข้อมูลความเครียดในค้ำยันตั้งแต่แผ่นพื้นชั้นที่ 7 ไปจนถึงแผ่นพื้นชั้นที่ 13 และอีกแห่งหนึ่งคืออาคารสูง 26 ชั้นที่ Quebec เก็บข้อมูลความเครียดในค้ำยันตั้งแต่แผ่นพื้นชั้นที่ 19 ไปจนถึงแผ่นพื้นชั้นที่ 22 เมื่อนำความเครียดในค้ำยันมาคำนวณหาแรงในค้ำยัน พบว่า การถอดค้ำยันแล้วใส่ค้ำยันกลับเข้าไปใหม่ ค้ำยันที่ใส่เพิ่มเข้าไปใหม่จะทำให้สัดส่วนน้ำหนักบรรทุกที่ถ่ายลงแผ่นพื้นมีค่าลดลง เพราะเมื่อถอดค้ำยันล่างสุดออก จะทำให้แผ่นพื้นชั้นล่างสุดลดการแบกรับน้ำหนักบรรทุกลงเหลือเพียงน้ำหนักของแผ่นพื้นตัวมันเอง พอค้ำยันกลับเข้าไปใหม่ น้ำหนักที่แบกรับโดยแผ่นพื้นใต้ค้ำยันที่ใส่ค้ำยันกลับเข้าไปใหม่ จะมีค่าเพียงน้ำหนักของแผ่นพื้นตัวเองรวมกับน้ำหนักที่ถ่ายลงมาจากการเทแผ่นพื้นชั้นบนสุด ที่เทภายหลังจากการค้ำยันกลับเข้าไปใหม่เท่านั้น Agarwal และ Gardner (5) ยังได้ทำการวิเคราะห์อีกว่า การถอดค้ำยันออกแล้วค้ำยันกลับเข้าไปใหม่จะทำให้สัดส่วนน้ำหนักบรรทุกสูงสุดที่ถ่ายลงสู่แผ่นพื้นมีค่าลดลง มีค่าเป็น 2.21 1.98 และ 1.84 เท่าของน้ำหนักแผ่นพื้นรวมกับน้ำหนักค้ำยัน เมื่อใช้จำนวนค้ำยันสามชั้นโดยมีค้ำยันที่กลับเข้าไปใหม่เป็น หนึ่ง สอง และสามชั้นตามลำดับ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ค้ำยันสามชั้นอย่างเดียวมีค่า 2.38 เท่าของน้ำหนักแผ่นพื้นรวมกับน้ำหนักของค้ำยัน

1.3 วัตถุประสงค์และขอบข่ายการวิจัย

ในมาตรฐานการก่อสร้างทั่วไป ตัวแปรที่ใช้ในการออกแบบที่มีผลต่อกำลังความต้านทานและพฤติกรรมของชิ้นส่วนโครงสร้าง จะมีความสัมพันธ์กับค่ากำลังอัดของคอนกรีตที่ 28 วัน แต่ในขณะการก่อสร้างแผ่นพื้นไร้คานคอนกรีตเสริมเหล็ก น้ำหนักจะถ่ายลงแผ่นพื้นและค้ำยันในโครงสร้างทันทีที่เทแผ่นพื้นชั้นบนสุด แผ่นพื้นจะสามารถแบกรับน้ำหนักที่ถ่ายลงมาโดยไม่ทำให้เกิดความเสียหายต่อโครงสร้าง เมื่อความต้านทานในการแบกรับน้ำหนักของแผ่นพื้นขณะนั้นมีค่ามากกว่าน้ำหนักที่ถ่ายลงมาสู่แผ่นพื้น ความต้านทานของแผ่นพื้นจะขึ้นกับตัวแปรที่สำคัญคือ อัตราการก่อสร้างแผ่นพื้นต่อชั้น จำนวนชั้นของค้ำยัน สติฟเนสของค้ำยัน กำลังอัดของคอนกรีต และ ความหนา

ของแผ่นพื้น เนื่องจากคุณสมบัติที่แตกต่างกันของตัวแปรเหล่านี้ อาจจะทำให้พฤติกรรมการแบกรับน้ำหนักของแผ่นพื้นแตกต่างกันออกไป ดังนั้นจึงทำการศึกษาผลกระทบของตัวแปรที่มีผลต่อความต้านทานในการแบกรับน้ำหนักของแผ่นพื้นไร้คานคอนกรีตเสริมเหล็ก

การวิจัยนี้จะทำการวิเคราะห์หาน้ำหนักบรรทุกที่ถ่ายลงแผ่นพื้นไร้คานคอนกรีตเสริมเหล็ก จากโครงสร้างจริงในสนามและเปรียบเทียบกับการวิเคราะห์ที่ได้จากทฤษฎี และศึกษาผลกระทบต่อความต้านทานของแผ่นพื้นขณะทำการก่อสร้าง โดยมีตัวแปรคือ

1. อัตราการก่อสร้างมีค่า 3, 5, 7, 9, 11, 13 และ 15 วันต่อชั้น
2. จำนวนชั้นของค้ำยันมีค่า 2, 3 และ 4 ชั้น
3. พื้นที่หน้าตัดของค้ำยันมีค่า 0.5, 1, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 24 และ 30 ซม^2
4. กำลังอัดของคอนกรีตมีค่า 250, 280, 310, 340, 370 และ 400 กก/ซม^2
5. ความหนาของแผ่นพื้นมีค่า 15, 20, 25 และ 30 ซม.
6. ช่วงกว้างระหว่างเสา 4, 5, 6 และ 7 เมตร
7. ชนิดของคอนกรีต

ข้อมูลที่ได้รับจากการศึกษา จะทำให้ทราบพฤติกรรมของแผ่นพื้นไร้คานคอนกรีตเสริมเหล็กที่แบกรับน้ำหนักขณะการก่อสร้าง ภายใต้ตัวแปรที่มีผลต่อกำลังของแผ่นพื้น และเปรียบเทียบสัดส่วนปลอดภัยของแผ่นพื้นในขณะการก่อสร้างกับขณะการใช้งาน เพื่อสรุปเป็นแนวทางในการคำนวณออกแบบจำนวนชั้นของค้ำยันที่ต้องการในขณะการก่อสร้างให้เหมาะสม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย