บทที่ 1

บทนำ

ความนำ

โครงสร้างคอนกรีตอัดแรงเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในงานก่อสร้าง เนื่องจากเป็นระบบโครงสร้างที่มีประสิทธิภาพโดยเฉพาะอาคารช่วงยาว แต่พฤติกรรมของคอนกรีตอัดแรงนั้นมีการเปลี่ยนแปลงตามเวลา เนื่องจากคุณสมบัติของวัสดุและลักษณะของโครงสร้างตามขั้นตอนการก่อสร้าง การเปลี่ยนแปลงตามเวลาเนื่องจากคุณสมบัติของวัสดุ ได้แก่ การคืบ (Creep) การหดตัว (Shrinkage) ของคอนกรีตและการคลายแรงดึง (Relaxation) ของเหล็กเสริมอัดแรง ส่วนการเปลี่ยนแปลงตามเวลาจากขั้นตอนการก่อสร้างนั้นเกิดขึ้นเนื่องจากในการก่อสร้างจริงในทางปฏิบัติมักทำการก่อสร้างโครงสร้างส่วนต่าง ๆ เป็นขั้นตอน ทำให้ชิ้นส่วนของโครงสร้างมีอายุแตกต่างกัน ผลของการเปลี่ยนแปลงตามเวลาดังกล่าว ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของการปรับกระจายความเครียด หน่วยแรงภายใน การเปลี่ยนตำแหน่งและแรงปฏิกริยาที่ฐานรองรับของโครงสร้าง

การวิเคราะห์เชิงเวลาของโครงข้อแข็งระนาบคอนกรีตอัดแรงตามขั้นตอนการก่อสร้างถูกนำมาใช้แก้ปัญหาดังกล่าว ผลของการศึกษามีความสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่ง ทำให้ทราบและเข้าใจถึงผลกระทบของเวลาที่มีต่อโครงสร้างคอนกรีตอัดแรง จึงสามารถนำไปใช้วิเคราะห์หรือออกแบบโครงสร้างทั้งในระหว่างการก่อสร้างและในช่วงอายุใช้งานได้อย่างเหมาะสม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในปี พ.ศ. 2470 Faber [1] ได้เสนอวิธีโมดูลัสเทียบเท่า (Effective Modulus Method) ในการวิเคราะห์ปัญหาการคืบ โดยการลดค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตด้วยค่า ๆ หนึ่งซึ่งเป็นฟังก์ชันของสัมประสิทธิ์การคืบ (Creep Coefficient)

ในปี พ.ศ. 2515 Bazant [2] ได้เสนอวิธีโมดูลัสเทียบเท่าปรับแก้อายุ (Age-Adjusted Effective Modulus Method) ในการวิเคราะห์ปัญหาการคืบที่หน่วยแรงไม่คงที่ โดยพิจารณาผลของอายุของวัสดุเมื่อรับน้ำหนักบรรทุกกระทำประกอบด้วย เพื่อปรับแก้ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตด้วยค่า ๆ หนึ่ง ซึ่งเป็นฟังก์ชันของสัมประสิทธิ์การคืบและสัมประสิทธิ์อายุ (Aging Coefficient)

ในปี พ.ศ. 2518 Brown และ Burns [3] ได้พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างของสะพานชนิดคานกล่อง (Box Girder Bridge) ที่ก่อสร้างแบบทีละส่วนต่อเนื่องกันตามขั้นตอนการก่อสร้าง โดยจำลองชิ้นส่วนย่อย ๆ ของสะพานเป็นชิ้นส่วนรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า (Rectangular Element) ด้วยวิธีไฟไนท์เอเลเมนท์

ในปี พ.ศ. 2520 Tadros, Ghali และ Dilger [4] ได้เสนอวิธีการวิเคราะห์เชิงเวลาของโครงข้อแข็งชนิดหน้าตัดประกอบ (Composite Frames) พิจารณาว่าการเปลี่ยนแปลงของการปรับกระจายความเครียดตามเวลาเนื่องจากการคืบ การหดตัวของคอนกรีตและการคลายแรงดึงของเหล็กเสริมอัดแรงนั้น เป็นปัญหาของความเครียดเริ่มแรกในการวิเคราะห์โครงสร้าง และได้พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้วิเคราะห์โครงสร้างดังกล่าวด้วยวิธีการเปลี่ยนตำแหน่ง (Displacement Method)

ในปี พ.ศ. 2525 Dilger [5] ได้เสนอวิธีการวิเคราะห์โครงสร้างอินดีเทอร์มิเนตเนื่องจากผลของความคืบ โดยนำเอาวิธีโมดูลัสเทียบเท่าปรับแก้ตามอายุ มาประยุกต์ใช้ร่วมกับวิธีแรง (Force Method)

ในปี พ.ศ. 2528 Lukkunaprasit [6] ได้เสนอการวิเคราะห์เชิงเวลาของโครงสร้างคอนกรีตอัดแรง โดยใช้แบบจำลองชิ้นส่วนที่ประกอบด้วยคอนกรีตและเหล็กเสริมไม่อัดแรง (Concrete-Rebar Element) พิจารณาถึงสติฟเนสของส่วนที่เป็นเหล็กเสริมไม่อัดแรงและใช้วิธีโมดูลัสเทียบเท่า (Effective Modulus Method)

ในปี พ.ศ. 2529 Ghali [7] ได้เสนอวิธีการวิเคราะห์เชิงเวลาของโครงสร้างคอนกรีตอัดแรง โดยพิจารณากรณีที่พื้นที่หน้าตัดเกิดการแตกร้าว รวมถึงผลของปริมาณเหล็กเสริม

ไม่อัดแรงที่มีผลต่อการปรับกระจายความเครียดซึ่งเปลี่ยนแปลงตามเวลาเนื่องจากการคืบ การหดตัวของคอนกรีต การคลายแรงดึงของเหล็กเสริมอัดแรง ร่วมกับแนวความคิดของโมดูลัสเทียบเท่าปรับแก้อายุ

ในปี พ.ศ. 2532 Kang [8] ได้พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ SPCFRAME เพื่อใช้ในการวิเคราะห์เชิงเวลาของโครงข้อแข็งระนาบคอนกรีตอัดแรง โดยพิจารณาคุณสมบัติไม่เชิงเส้นทางเรขาคณิตของโครงสร้างและคุณสมบัติไม่เชิงเส้นของวัสดุ ด้วยวิธีไฟไนท์เอเลเมนท์ โดยปรับปรุงให้สามารถใช้วิเคราะห์กับโครงสร้างที่ทำการก่อสร้างแบบทีละส่วนต่อเนื่องกันตามขั้นตอนการก่อสร้างได้

ในปี พ.ศ. 2532 ภพศักดิ์ ปานสีทอง [9] ได้พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการวิเคราะห์เชิงเวลาของโครงสร้างคอนกรีตอัดแรงด้วยวิธีการเปลี่ยนตำแหน่ง โดยใช้หลักการที่คล้ายคลึงกับ Tadros และคณะ [4] อาศัยแนวความคิดของวิธีโมดูลัสเทียบเท่าปรับแก้อายุและได้ศึกษาเปรียบเทียบผลการปรับกระจายของแรงภายในโดยใช้แบบจำลองการคืบที่แตกต่างกัน พบว่าการปรับกระจายของแรงภายในเมื่อคำนวณโดยใช้แบบจำลองการคืบของ CEB-FIP [12] มีค่ามากกว่าเมื่อคำนวณโดยใช้แบบจำลองการคืบของ ACI 209 [11]

ในปี พ.ศ. 2536 Abdel-Karim และ Tadros [10] ได้พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อใช้วิเคราะห์โครงสร้างของคานสะพานคอนกรีตอัดแรงชนิดต่อเนื่อง ที่ก่อสร้างแบบแยกชิ้นส่วน (Spliced Girder Bridge) แล้วจึงหล่อคอนกรีตที่บริเวณรอยต่อและพื้นผิวบนในภายหลังเพื่อให้โครงสร้างเกิดความต่อเนื่อง โดยพิจารณาถึงการคืบและการหดตัวของคอนกรีต การคลายแรงดึงของเหล็กเสริมอัดแรง ร่วมกับแนวความคิดโมดูลัสเทียบเท่าปรับแก้อายุ

วัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ

1. ศึกษาวิธีการวิเคราะห์เชิงเวลาของโครงข้อแข็งระนาบคอนกรีตอัดแรงตามขั้นตอนการก่อสร้าง

2. พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้สำหรับการวิเคราะห์เชิงเวลาของโครงข้อแข็งระนาบคอนกรีตอัดแรงตามขั้นตอนการก่อสร้าง

3. ศึกษาเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์กับวิธีอื่นๆ ที่ผ่านมา

ขอบข่ายของงานวิจัย

ในงานวิจัยนี้พิจารณาแบบจำลองชิ้นส่วนของโครงข้อแข็งระนาบคอนกรีตอัดแรง ทั้งชนิดที่มีขนาดคงที่และขนาดไม่คงที่ชนิดคานที่มีหน้าตัดลาดเอียง (Tapered Beam) ซึ่งพื้นที่หน้าตัดมีลักษณะสมมาตรในระนาบของโครงสร้าง พิจารณาให้รับน้ำหนักบรรทุกที่ทำให้เกิดการเสียรูปในเชิงการดัดเท่านั้น ไม่เกิดการบิด ไม่พิจารณาผลเนื่องจากแรงเฉือน ไม่คิดผลการทรุดตัวของฐานรากและผลของอุณหภูมิ ใช้วิธีคิดการคืบ (Creep) และการหดตัว (Shrinkage) ของคอนกรีตตามข้อกำหนดของ ACI 209 [11] , CEB-FIP [12] หรือกำหนดโดยผู้ใช้โปรแกรม ส่วนการคลายแรงดึง (Relaxation) และการเสื่อมลดแรงดึง (Loss) ของเหล็กเสริมอัดแรงพิจารณารวมกันโดยสมมติเป็นตัวที่รู้ค่าและพิจารณาเฉพาะสติฟเนสของส่วนที่เป็นคอนกรีตเท่านั้น

ข้อสมมุติฐานที่ใช้

1. โครงสร้างมีการเปลี่ยนรูปร่างน้อยภายใต้แรงหรือน้ำหนักที่กระทำ

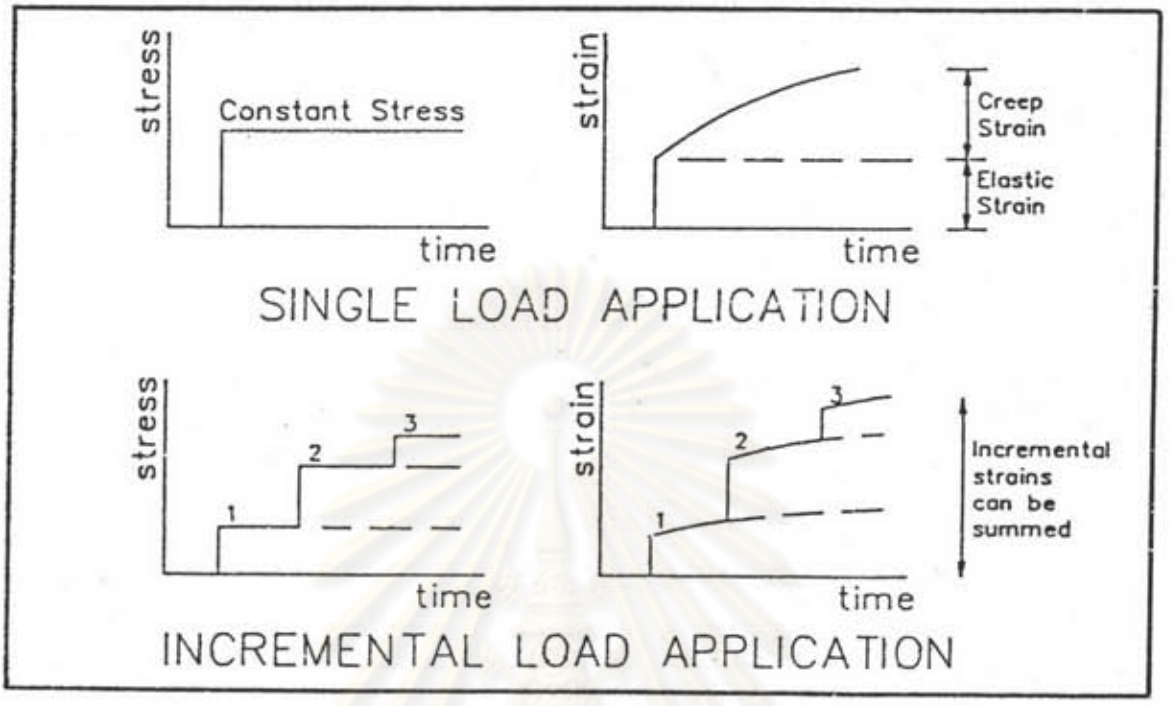
2. การกระจายความเครียดบนระนาบใด ๆ ของพื้นที่หน้าตัดถือว่าเป็นเส้นตรง

3. ความสัมพันธ์ของความเครียดคืบกับหน่วยแรงคงค้างที่เวลาใด ๆ ถือว่าเป็นสัดส่วนโดยตรง

4. หน้าตัดของโครงสร้างไม่เกิดการแตกร้าว (Uncracked Section) ตลอดช่วงอายุการใช้งาน

5. การหดตัวเนื่องจากการสูญเสียความชื้นเกิดขึ้นเท่ากัน สม่ำเสมอตลอดทั้งหน้าตัด

6. ความเครียดที่เวลาใด ๆ ไม่ขึ้นกับหน่วยแรงที่กระทำก่อนหรือหลังเวลานั้น ดังนั้นความเครียดทั้งหมดที่เวลาใด ๆ เนื่องจากหน่วยแรงกระทำคงค้างที่เวลาต่างกัน จึงสามารถรวมกันได้โดยตรง (Superposition) ด้วยเหตุผลของสมมติฐานข้อ 3. และข้อ 6. (ดังแสดงตามรูปที่ 1.1)



รูปที่ 1.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงกับเวลาและความเครียดกับเวลา ซึ่งความเครียดทั้งหมดที่เกิดขึ้นที่เวลาใด ๆ หาได้จากการรวมผลกันโดยตรง (Superposition)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย