บทที่ 9

บทสรุป

ตัวคูณลดกำลังรับแรงประเภทต่างๆขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่แตกต่างกัน การวิเคราะห์ความผันแปรจากข้อมูลของกำลังวัสดุ ขนาดขององค์อาคาร และตำแหน่งของเหล็กเสริม ตามสภาพการก่อสร้างในกรุงเทพมหานครทางสถิติ และอาศัยความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆทางทฤษฎีกำลังของโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก จะสามารถวิเคราะห์หาตัวคูณลดกำลังตามชนิดขององค์อาคาร โดยใช้ทฤษฎีของความน่าเชื่อถือทางโครงสร้าง และยึดถือความปลอดภัยตามมาตรฐานสากล ภายใต้ขอบข่ายที่ศึกษาในงานวิจัยนี้ อาจสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

1. วัสดุที่เป็นส่วนประกอบของโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก จะให้กำลังและความไม่แน่นอนแตกต่างกันคือ กำลังคลากของเหล็กเสริมในสภาพการก่อสร้างจริง จะมีค่ามากกว่าที่กำหนดไว้ โดยค่าเฉลี่ยของกำลังที่จุดคลากของเหล็กเสริมที่ระดับกำลังตามมาตรฐานอุตสาหกรรม คือ SR24 ,SD30 และ SD40 มีค่าสูงกว่าที่กำหนดคิดเป็นร้อยละ 44 ,31 และ 15 ตามลำดับ และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยประมาณ 160 กก./ซม.^{2} ซึ่งเหล็กเสริมเกรดต่ำกว่า จะมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสูงกว่า ส่วนกำลังอัดประลัยของคอนกรีตที่กำหนดไว้เกินกว่า 200 กก./ซม.^{2} จะมีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าที่กำหนดประมาณ 20 กก./ซม.^{2} แต่ถ้ากำลังคอนกรีตที่ต่ำกว่า 200 กก./ซม.^{2} แล้ว จะให้ค่าเฉลี่ยสูงกว่าที่กำหนด สัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของกำลังคอนกรีตมีค่าประมาณ 0.161-0.166 ซึ่งการก่อสร้างที่มีบริษัทวิศวกรควบคุมจะให้ค่าต่ำกว่าเมื่อไม่มีบริษัทวิศวกรควบคุมการก่อสร้าง

2. ขนาดขององค์อาคารมีความเบี่ยงเบนในทางบวก คือขนาดขององค์อาคารจะมีขนาดใหญ่กว่ากำหนดโดยเฉลี่ยประมาณ 0.2-0.5 ซม. และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานประมาณ 0.3-0.8 ซม. โดยค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความหนาพื้นมีค่ามากที่สุด และของขนาดเสามีค่าน้อยที่สุด การก่อสร้างที่มีบริษัทวิศวกรควบคุมจะมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยกว่าเมื่อไม่มีบริษัทวิศวกรควบคุมการก่อสร้าง

3. ตำแหน่งของเหล็กเสริมด้านล่างอันมีผลต่อความลึกประสิทธิผลของแรงดัดบวก จะมีค่าสูงกว่าที่กำหนดประมาณ 0.1-0.4 ซม. ในขณะที่ตำแหน่งของเหล็กเสริมด้านบน อันมีผลกระทบต่อความลึกประสิทธิผลของแรงดัดลบ จะมีค่าต่ำกว่าที่กำหนดถึง 1.3-1.8 ซม. โดยค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของตำแหน่งเหล็กเสริมด้านล่างและตำแหน่งเหล็กเสริมด้านบนมีค่าประมาณ 0.3-1.2 และ 0.69-1.08 ตามลำดับ การก่อสร้างที่มีบริษัทวิศวกรควบคุมจะมีความเบี่ยงเบนมากกว่าในกรณีที่ไม่มีบริษัทวิศวกรควบคุม

4. องค์ประกอบที่มีผลต่อกำลังรับแรงดัด ได้แก่ กำลังวัสดุ และปริมาณเหล็กเสริม องค์อาคารที่ใช้วัสดุกำลังต่ำ (f_c' = 200 กก./ซม.^{2} และ f_y = 2400 กก./ซม.^{2}) จะมีกำลังรับแรงเฉลี่ยสูงกว่าค่าที่ออกแบบไว้ประมาณ 20%-30% แต่มีความแปรปรวนสูง ในขณะที่องค์อาคารที่ใช้กำลังวัสดุสูงขึ้น (f_c' 280 กก./ซม.^{2} และ f_y = 4000 กก./ซม.^{2}) มีกำลังรับแรงเฉลี่ยลดลง โดยสูงกว่าค่าที่ออกแบบไว้เพียงประมาณ 5% แต่จะมีความแปรปรวนน้อยกว่า การใช้อัตราส่วนของปริมาณเหล็กเสริมที่เกินกว่า 0.7 ทำให้กำลังรับแรงเฉลี่ยต่ำลงมากเมื่อเทียบกับค่าที่ออกแบบ สัมประสิทธิ์ความแปรปรวนมีค่าสูง และมีความไม่เหมาะสมด้านพฤติกรรมทางโครงสร้าง

5. องค์ประกอบที่มีผลต่อกำลังรับแรงอัด และแรงอัดร่วมกับแรงดัดคือ กำลังวัสดุ อัตราส่วนปริมาณเหล็กเสริม ขนาด และระยะเยื้องศูนย์ของแรงที่กระทำ เสาที่มีปริมาณเหล็กเสริมในอัตราร้อยละ 3.3 และระยะเยื้องศูนย์ไม่เกิน 0.4 เท่าของระยะเยื้องศูนย์สมดุลย์ จะให้กำลังรับแรงเฉลี่ยเกินกว่าที่ออกแบบไว้ถึง 15% ในกรณีที่ใช้วัสดุกำลังต่ำ แต่ถ้าใช้กำลังวัสดุสูง จะให้กำลังประมาณเท่าๆกับที่ออกแบบ ความแปรปรวนของกำลังมีค่าต่ำเมื่อใช้วัสดุกำลังสูงหรือปริมาณเหล็กเสริมมาก

6. กำลังรับแรงเฉือน อันมีผลจากกำลังวัสดุ และอัตราส่วนของแรงเฉือนที่รับโดยเหล็กปลอกต่อแรงเฉือนที่รับโดยคอนกรีต ค่าเฉลี่ยของกำลังรับแรงเฉือนขององค์อาคารที่ก่อสร้างด้วยวัสดุกำลังต่ำจะมีค่ามากกว่าที่ออกแบบไว้ประมาณ 10%-30% แต่เมื่อก่อสร้างด้วยวัสดุกำลังสูงจะให้ค่าเฉลี่ยมากกว่าเพียง 1%-5% สัมประสิทธิ์ความแปรปรวนจะมีค่าประมาณ 0.08-0.12 ทั้งสองกรณี

7. ค่าตัวคูณลดกำลังรับแรงดัดมีค่าอยู่ระหว่าง 0.77-0.95 โดยมีค่าต่ำลงเมื่อใช้กำลังวัสดุสูงขึ้น และเมื่อปริมาณเหล็กเสริมสูงขึ้น ค่าที่ได้เมื่อเปรียบเทียบกับผลการศึกษาของ Mirza และ MacGregor จะอยู่ในพิกัดที่สอดคล้องกันมาก

8. ค่าตัวคูณลดกำลังรับแรงอัด และแรงอัดร่วมกับแรงดัด มีค่าอยู่ระหว่าง 0.60-0.70 สำหรับในเสาปลอกเดี่ยว และมีค่าอยู่ระหว่าง 0.65-0.75 สำหรับในเสาปลอกเกลียว เมื่อระยะเยื้องศูนย์มีค่าไม่มากกว่า 0.4 เท่าของระยะเยื้องศูนย์สมดุลย์ และมีปริมาณเหล็กเสริมประมาณ 3.3% ที่ระยะเยื้องศูนย์มากๆจะให้ค่าตัวคูณลดกำลังสูงขึ้นเล็กน้อย เพราะพฤติกรรมแรงดัดมีผลกระทบต่อความน่าเชื่อถือทางโครงสร้าง ค่าที่ได้มีความสอดคล้องกันกับเอกสารอ้างอิงที่ 9

9. ค่าตัวคูณลดกำลังรับแรงเฉือนมีค่าอยู่ระหว่าง 0.75-0.85 โดยมีค่าต่ำลงเมื่อใช้กำลังวัสดุสูงขึ้น และมีค่าสูงกว่าผลการศึกษาของ Mirza และ MacGregor ประมาณ 14% โดยเฉลี่ย

10. ภายใต้สภาพวัสดุ และภาวะการก่อสร้างโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กในเขตกรุงเทพมหานคร จะให้ตัวคูณลดกำลังสอดคล้องกับผลการศึกษาตามสภาพวัสดุและการก่อสร้างในอเมริกาเหนือ จึงคิดว่าตัวคูณลดกำลังตามมาตรฐาน ACI-318-83 อาจพิจารณาใช้ได้ แต่ต้องมีการปรับค่าตัวคูณสำหรับน้ำหนักบรรทุกด้วย จึงจะให้ความปลอดภัยที่เหมาะสม

ค่าตัวคูณลดกำลัง ตามการศึกษานี้เมื่อพิจารณาให้สอดคล้องกับภาวะอุตสาหกรรมการก่อสร้างในปัจจุบัน อาจเลือกใช้ 0.80 ,0.65 และ 0.8 สำหรับแรงดัด แรงอัด และแรงเฉือน ตามลำดับ