

การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กด้วย ACI318-99, ACI318-02, ACI318-05 และ ACI318-08

Comparison of Reinforced Concrete Structural Design by ACI318-99, ACI318-02, ACI318-05 and ACI318-08

นางสาวชนาภรณ์ มาหิ้ม 51051605

นายวิชานนท์ จันทร์แก้ว 51053510

นางสาวกรกฎ เล้าศิริมงคล 51055085

อ.ดร.ทรงพล จารุวิศิษฐ์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โทร. 0-2549-3429, 0-2549-3420 โทรสาร 0-254903422 E-mail : fengntk@ku.ac.th

บทคัดย่อ

การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กด้วยวิธีกำลังในประเทศไทยกำหนดให้ออกแบบตามข้อกำหนดควสท. โดยมีมาตรฐานการออกแบบ ACI318-89 ของประเทศสหรัฐอเมริกาเป็นต้นแบบ เรื่อยมาตั้งแต่ปีพุทธศักราช 2534 จนถึงปัจจุบัน (พุทธศักราช 2555) จะเห็นได้ว่ามาตรฐานการออกแบบในประเทศไทยยังมีความล้าหลังอยู่มาก มาตรฐานการออกแบบ ACI สำหรับโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กได้รับการพัฒนาให้ก้าวหน้าไปตามเทคโนโลยีของวิธีการออกแบบ ข้อกำหนดวัสดุ วิธีการก่อสร้างและงานวิจัยที่สนับสนุน ดังนั้นมาตรฐานการออกแบบของประเทศไทยก็ควรได้รับการพัฒนาตามสากล รวมไปถึงคุณภาพของวัสดุก่อสร้างและการก่อสร้างด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในปีพุทธศักราช 2558 ประเทศไทยมีเป้าหมายที่จะเข้าสู่เขตการค้าเสรีระหว่างอาเซียนอย่างเต็มรูปแบบ การที่วิศวกรไทยไม่มีการศึกษามาตรฐานการออกแบบที่มีการพัฒนาทำให้เสียเปรียบในด้านการทำงาน โครงการนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาข้อแตกต่างระหว่างมาตรฐานการออกแบบ ACI318-99, ACI318-02, ACI318-05 และ ACI318-08 และทำการออกแบบพื้น คาน เสาและฐานรากของอาคารตัวอย่างขนาด 5 ชั้น เพื่อเปรียบเทียบปริมาณเหล็กเสริมคอนกรีต ปริมาณคอนกรีต และค่าส่วนกลับ D/C Ratio ของแต่ละมาตรฐาน

ผลการเปรียบเทียบแสดงให้เห็นว่าการออกแบบด้วยมาตรฐานที่ปรับปรุงล่าสุด ใช้ปริมาณเหล็กเสริมคอนกรีตและปริมาณ

คอนกรีตน้อยกว่า ขณะที่ค่าส่วนกลับ D/C Ratio ใกล้เคียงกัน ซึ่งหมายถึงความประหยัดที่เพิ่มมากขึ้น โดยคงความปลอดภัยของโครงสร้างไว้เท่าเดิม

Abstract

Nowaday, Code for reinforced concrete design in Thailand is quite underdeveloped while code for design should be updated by fallow the technology of materials, construction methods, design methods and researchs which support. ACI issued the latest re-design code, ACI318-11. In 2015, Thailand is going to join fully free trade Zone in AEC that means people in ASEAN can works in the other countries so Thai engineers should study and understand the developed design code. So that Thai should be able to compete with the others.

This project compares ACI318-99, ACI318-02, ACI318-05 and ACI318-08, and designs the example building using difference codes. The re-design code details the results show that ACI318-08 gives the economical saver structures while the level of safety is still maintained.

1. บทนำ

โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กถือเป็นโครงสร้างหลักที่ใช้ในการก่อสร้าง ทำให้โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กได้รับการวิจัยและพัฒนาทางด้านข้อกำหนดวัสดุ วิธีการก่อสร้างและยังรวมไปถึงมาตรฐานการออกแบบอีกด้วย

โดยมาตรฐานการออกแบบของประเทศไทยซึ่งก็คือ ข้อกำหนดคสท. ที่ใช้ออกแบบในปัจจุบันยังมีความล้าหลังอยู่มากเนื่องจากใช้มาตรฐานการออกแบบ ACI318-89 เป็นต้นแบบ แต่ข้อกำหนดคสท. ไม่ได้มีการปรับปรุงตามมาตรฐาน ACI ที่มีการพัฒนาให้สอดคล้องกับเทคโนโลยีการก่อสร้างและวัสดุ

นอกจากนี้การศึกษามาตรฐานการออกแบบ ACI ที่ปรับปรุงใหม่ยังมีไม่มากนักในประเทศไทย ทำให้มีเอกสารเกี่ยวกับข้อแตกต่างของมาตรฐานการออกแบบแบบเก่าและแบบใหม่มีไม่เพียงพอ

โครงการนี้จึงเป็นการศึกษาส่วนที่แตกต่างของมาตรฐานการออกแบบ ACI318-99, ACI318-02, ACI318-05 และ ACI318-08 โดยได้นำมาตรฐานการออกแบบดังกล่าวข้างต้น ไปออกแบบโครงสร้างจริงและทำการเปรียบเทียบจำนวนเหล็กเสริมคอนกรีต ปริมาณคอนกรีต ซึ่งแสดงถึงความประหยัดของโครงสร้าง และ D/C Ratio ซึ่งแสดงถึงความปลอดภัยของโครงสร้าง

2. วิธีการดำเนินการศึกษาโครงการ

การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กด้วยมาตรฐานการออกแบบที่แตกต่างกันในโครงการนี้ จำเป็นต้องมีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับพฤติกรรมกรรมการรับแรง การวิบัติ การออกแบบ โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก และวิธีการวิเคราะห์โครงสร้างด้วย นอกจากนี้ยังต้องทราบว่าเนื้อหาส่วนใดในมาตรฐานการออกแบบที่นำมาเปรียบเทียบที่ได้รับการพัฒนาเปลี่ยนแปลงต้องนำมาใช้ในส่วนของการออกแบบ โครงการนี้พิจารณาในส่วนของความประหยัดและความปลอดภัยของโครงสร้างที่ต้องมีความคุ้มค่า โดยมีวิธีการดำเนินโครงการดังนี้

2.1 ศึกษารายละเอียดของมาตรฐานการออกแบบ

ศึกษามาตรฐานการออกแบบ ACI318-99, ACI318-02, ACI318-05 และ ACI318-08 เปรียบเทียบส่วนที่เปลี่ยนแปลงของแต่ละ

เล่ม ทั้งในส่วนที่เกี่ยวกับวัสดุ สูตรการคำนวณ ค่าคงที่ ตัวแปร ตัวคูณลดค่า และเหตุผลที่เป็นตัวสนับสนุนการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว

2.2 เปรียบเทียบข้อแตกต่างของมาตรฐานการออกแบบ

ภายหลังจากทำการศึกษาความแตกต่างของมาตรฐานการออกแบบ จึงได้รวบรวมข้อมูลของส่วนที่เปลี่ยนแปลงเกี่ยวกับการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก แล้วนำมาแสดงในตารางเพื่อให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจ และเปรียบเทียบ

2.3 ออกแบบอาคารตัวอย่างด้วยมาตรฐานการออกแบบที่ทำการศึกษา

ดำเนินการออกแบบโครงสร้างพื้นหล่อในที่ คาน เสา และฐานรากของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กขนาด 5 ชั้น ด้วยมาตรฐานการออกแบบ ACI318-99, ACI318-02, ACI318-05 และ ACI318-08

2.4 เปรียบเทียบความประหยัดและ D/C Ratio ของอาคารตัวอย่าง

คำนวณปริมาณเหล็กเสริม ปริมาณคอนกรีต และ D/C Ratio ที่ใช้ในอาคารตัวอย่าง เพื่อเปรียบเทียบมาตรฐานการออกแบบในด้านความประหยัดและความปลอดภัยเมื่อออกแบบอาคารตัวอย่างด้วยมาตรฐานการออกแบบที่แตกต่างกัน

2.5 วิเคราะห์ผลการดำเนินโครงการ

นำข้อมูลที่ได้จากการดำเนินโครงการมาวิเคราะห์ผลการออกแบบอาคารตัวอย่าง โดยคำนึงถึงความประหยัดและความปลอดภัยเป็นหลัก รวมไปถึงความเหมาะสมและข้อควรระวังสำหรับการนำมาตรฐานการออกแบบดังกล่าวมาปรับใช้ในประเทศไทย

3. ผลการดำเนินโครงการและวิจารณ์

3.1 ผลการศึกษารายละเอียดของมาตรฐานการออกแบบ

เมื่อได้ทำการศึกษารายละเอียดของมาตรฐานการออกแบบ ACI318-99, ACI318-02, ACI318-05 และ ACI318-08 พบว่ามาตรฐานการออกแบบ ACI318-99 มีความคล้ายคลึงกับข้อกำหนดคสท.มาก การเปลี่ยนแปลงใน ACI318-02, ACI318-05 และ ACI318-08 ส่วนใหญ่มีการเพิ่มเติมข้อกำหนด สูตรการคำนวณ และค่า factor ให้สอดคล้องกับวัสดุใหม่ๆที่เกิดขึ้น โดยใน Chapter 1-7 ไม่เกี่ยวข้องกับวิธีการออกแบบโดยตรง แต่เป็นข้อกำหนดเกี่ยวกับคำอธิบายและคุณสมบัติวัสดุที่เหมาะสม ที่จะทำให้ได้โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีคุณภาพ

3.1 Chapter 1 – Chapter 7 : กล่าวถึงลักษณะทั่วไปของการออกแบบวัสดุ ตัวแปรต่างๆ ซึ่งไม่เกี่ยวกับการออกแบบโดยตรง

3.2 ผลการเปรียบเทียบมาตรฐานการออกแบบ

3.2.1 Chapter 8 : กล่าวถึงหลักการทั่วไปในการออกแบบ ซึ่งค่าที่มีการเปลี่ยนแปลง เช่น การลดค่าโมเมนต์ในคานต่อเนื่อง เป็นต้น

3.2.2 Chapter 9 : เกี่ยวกับข้อกำหนดของ Strength ซึ่งค่าที่มีการเปลี่ยนแปลง เช่น Load case, Load factor เป็นต้น

3.2.3 Chapter 10 : กล่าวถึงการออกแบบโครงสร้างรับโมเมนต์ดัด แรงตามแนวแกน หรือรับทั้งโมเมนต์ดัดและแรงตามแนวแกน ซึ่งค่าที่มีการเปลี่ยนแปลง เช่น ระยะห่างระหว่างเหล็กเสริม เป็นต้น

3.2.4 Chapter 11 : กล่าวถึงการออกแบบโครงสร้างรับแรงเฉือน แรงบิด หรือรับทั้งแรงเฉือนและแรงบิด ค่าที่มีการเปลี่ยนแปลง เช่น ใน ACI318-08 มีการเพิ่มตัวแปรในการคิดแรงเฉือน

3.2.5 Chapter 12 : กล่าวถึงระยะยึดต่างๆ ซึ่งค่าที่เปลี่ยนแปลง เช่น ใน ACI318-08 การคิดค่า f_d มีตัวแปร เป็นตัวหารในสูตร เป็นต้น

3.2.6 Chapter 13 : กล่าวถึงการออกแบบพื้นเสริมเหล็กสองทาง ซึ่งมีส่วนใหญ่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง

3.2.7 Chapter 14 : กล่าวถึงการออกแบบกำแพงเสริมเหล็กกับแรงตามแนวแกน ใน ACI318-08 ค่า Δ_s มีการเพิ่มกรณีและตัวแปร

3.2.8 Chapter 15 : กล่าวถึงการออกแบบฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็ก ซึ่งส่วนใหญ่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง

3.3 ผลการออกแบบอาคารตัวอย่างด้วยมาตรฐานการออกแบบที่ศึกษา

เมื่อนำมาตรฐานการออกแบบมาออกแบบอาคารตัวอย่างพบว่า ข้อกำหนดที่เปลี่ยนแปลง คือ

- ค่า Load Factor :

ACI318-99 คือ 1.4 สำหรับ DL และ 1.7 สำหรับ LL

ACI318-02, ACI318-05 และ ACI318-08 คือ 1.2 สำหรับ DL และ 1.6 สำหรับ LL

- ค่า ϕ เมื่อออกแบบโครงสร้างรับ Shear :

ACI318-99 คือ $\phi = 0.85$

ACI318-02, ACI318-05 และ ACI318-08 คือ $\phi = 0.75$

- ค่า ϕ เมื่อออกแบบโครงสร้างรับ Axial Load :

ACI318-99 คือ $\phi = 0.70$

ACI318-02, ACI318-05 และ ACI318-08 คือ $\phi = 0.60$

3.4 ผลการเปรียบเทียบความประหยัดและส่วนกลับ D/C Ratio

ภายหลังออกแบบอาคารตัวอย่างด้วยมาตรฐานการออกแบบที่ทำการศึกษามาแล้ว จึงทำการคำนวณน้ำหนักเหล็กเสริม และส่วนกลับ D/C Ratio พบว่า

- อาคารตัวอย่างที่ออกแบบด้วยมาตรฐาน ACI318-02 ACI318-05 และ ACI318-08 ใช้ปริมาณเหล็กเสริมน้อยกว่า ACI318-99 อยู่ 5.5%

- ส่วนกลับ D/C Ratio ของอาคารตัวอย่างที่ออกแบบด้วยมาตรฐานการออกแบบที่ทำการศึกษามีค่าใกล้เคียงกัน

4. สรุปผลการดำเนินงาน

4.1 มาตรฐานการออกแบบ ACI318-99

วิธีการออกแบบตามมาตรฐานการออกแบบ ACI318-99 ที่นำมาออกแบบอาคารตัวอย่างนั้น เหมือนกับข้อกำหนดควสท. จึงใช้มาตรฐานนี้เป็นตัวแทนการออกแบบโดยใช้ข้อกำหนดควสท.

4.2 มาตรฐานการออกแบบ ACI318-02 ACI318-05 และ ACI318-08

วิธีการออกแบบ สูตรการคำนวณ ค่าคงที่ ตัวคูณลดค่าต่างๆที่ใช้ออกแบบอาคารตัวอย่าง เป็นค่าเดียวกันกับ ACI318-05 และ ACI318-08 ทำให้ขนาดโครงสร้าง และการเสริมเหล็กเหมือนกับทั้งสามมาตรฐาน ทั้งนี้เมื่อคำนวณปริมาณเหล็กเสริมและปริมาณคอนกรีตที่ต้องใช้ มีค่าน้อยกว่าค่าจากการออกแบบด้วยมาตรฐาน ACI318-99 ดังแสดงในตาราง

ตารางเปรียบเทียบน้ำหนักเหล็กเสริมหลัก

Type	Weight (kg.)		เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง
	ACI318-99	ACI318-08	
Slab	2974.8	2839.8	4.538
Beam	39281.60	35974.66	8.419
Column	70356.13	68193.97	3.073
Footing	12166.36	10911.06	10.318

กราฟเปรียบเทียบน้ำหนักเหล็กเสริมหลัก

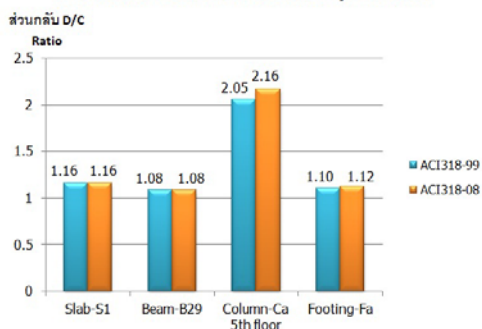


ตารางเปรียบเทียบปริมาณคอนกรีต

Type	Volume (cm ³)		เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง
	ACI318-99	ACI318-08	
Footing	28.6	28.35	0.874

ค่าส่วนกลับ D/C Ratio ของทุกมาตรฐานมีค่าใกล้เคียงกัน เพราะในมาตรฐานที่มีการปรับปรุงได้ให้เหล็กมีความสามารถในการรับแรงดึงเพิ่มมากขึ้น แต่ตัวคูณลดค่าในโครงสร้างรับแรงอัดมีค่าน้อยลง เนื่องจากการวิบัติด้วยแรงอัดมีความอันตรายมากกว่า โดยค่าส่วนกลับ D/C Ratio ซึ่งแสดงถึงอัตราส่วนความจุของโครงสร้างที่สามารถรับได้ ดังแสดงในกราฟ ซึ่งในส่วนนี้เปรียบเทียบการเปรียบเทียบเกี่ยวกับด้านความปลอดภัยของโครงสร้าง

กราฟเปรียบเทียบส่วนกลับ D/C Ratio



นอกจากนี้ รายละเอียดอื่นๆที่เปลี่ยนแปลงที่ไม่ได้นำมาใช้ใน

การออกแบบอาคารตัวอย่างนั้น ก็เพื่อรองรับเทคโนโลยีที่มีการพัฒนาวัสดุก่อสร้าง และวิธีการก่อสร้าง ใช้ออกแบบสำหรับกรณีที่ใช้วัสดุใหม่ๆเพื่อลดค่าใช้จ่ายและระยะเวลาในการก่อสร้างในขณะที่ความปลอดภัยของโครงสร้างยังคงเดิม ตามหลักการบริหาร

5. ข้อเสนอแนะ

การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กด้วยมาตรฐาน ACI ที่ปรับปรุงแล้ว หากจะนำมาใช้ในประเทศไทยจะต้องมีการพัฒนาวิธีการก่อสร้างและวัสดุให้ควบคู่กันไปด้วย โครงการนี้เป็นการออกแบบอาคารตัวอย่างหากต้องการออกแบบโครงสร้างด้วยมาตรฐานการออกแบบอื่น ผู้ออกแบบควรทำการศึกษามาตรฐานการออกแบบนั้นๆ อย่างละเอียด คาดว่าในอนาคตการศึกษาและออกแบบโครงสร้างด้วยมาตรฐานการออกแบบที่ทันสมัยจะมีมากขึ้น

6. เอกสารอ้างอิง

- วินิต ช่อวิเชียร. คอนกรีตเสริมเหล็ก. พิมพ์ครั้งที่ 8. สำนักพิมพ์คร. วินิต ช่อวิเชียร. 2537.
- American Concrete Institute. Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-99) and Commentary (ACI 318R-99). 1999.
- American Concrete Institute. Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-02) and Commentary (ACI 318R-02). 2002.
- American Concrete Institute. Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-05) and Commentary (ACI 318R-05). 2005.
- American Concrete Institute. Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-05) and Commentary (ACI 318R-05). 2008