

ผลการวิเคราะห์และเปรียบเทียบผล

ความนำ

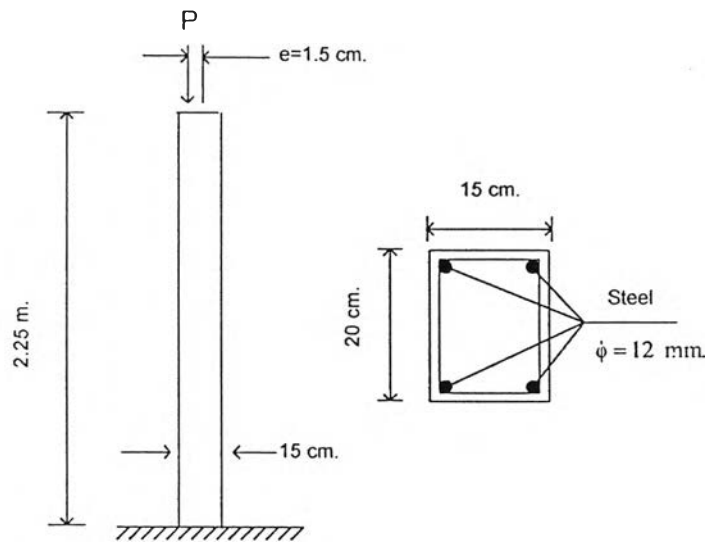
รายงานการวิเคราะห์และเปรียบเทียบผลงานวิจัยที่จะนำเสนอต่อไปนี้ เป็นตัวอย่างการวิเคราะห์โครงข้อแข็งคอนกรีตเสริมเหล็กจำนวน 2 ตัวอย่าง เพื่อแสดงความสามารถของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นตามหลักการวิเคราะห์ที่เสนอว่า สามารถนำไปใช้งานได้เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่ผ่านมา

ตัวอย่างที่ 1 เป็นเสาเอ็น(Cantilever column)คอนกรีตเสริมเหล็ก มีน้ำหนักบรรทุกกระทำในแนวตั้งที่ปลายเสาอิสระในลักษณะการเอียงศูนย์ เมื่อวิเคราะห์แล้วจะนำผลไปเปรียบเทียบกับผลการทดสอบของ Carol and Murcia,1989 ในตัวอย่างนี้จะทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบพฤติกรรมของโครงข้อแข็งคอนกรีตเสริมเหล็กจากผลของวัสดุและผลของการกระจัด โดยการแสดงผลเปรียบเทียบผลที่ได้จากการวิเคราะห์อินทิลาสติกอันดับที่สองที่คำนึงถึงผลของการไอบอร์ด และที่ไม่คำนึงถึงผลของการไอบอร์ดกับผลการทดสอบของนักวิจัยข้างต้น เพื่อแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการประมาณผลของความสามารถในการรับน้ำหนักของโครงข้อแข็งคอนกรีตเสริมเหล็ก รวมทั้งแสดงผลการแบ่งย่อยชิ้นส่วน เพื่อหาการลู่เข้าของคำตอบ และเปรียบเทียบพฤติกรรมที่เกิดขึ้นของโครงสร้างเมื่อลดระยะห่างของเหล็กปลอก

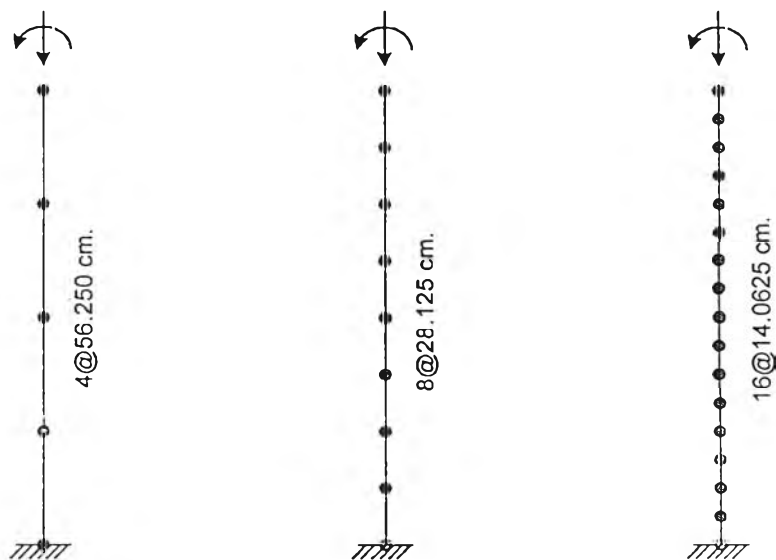
ตัวอย่างที่ 2 เป็นโครงข้อแข็งคอนกรีตเสริมเหล็ก 1 ช่วงเสา สูง 1 ชั้น มีฐานรองรับเป็นแบบยึดแน่น ลักษณะน้ำหนักบรรทุกกระทำในแนวตั้งที่กึ่งกลางคาน เมื่อวิเคราะห์จะนำผลไปเปรียบเทียบกับผลการทดสอบของ Wilby and Pandit,1967 เพื่อเป็นการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ของงานวิจัยนี้กับผลการทดสอบที่ผ่านมา รวมทั้งแสดงผลการแบ่งย่อยชิ้นส่วนเพื่อหาการลู่เข้าของคำตอบ และเปรียบเทียบพฤติกรรมที่เกิดขึ้นของโครงสร้างเมื่อลดระยะห่างของเหล็กปลอก

รายงานผลการวิเคราะห์และเปรียบเทียบตัวอย่างที่ 1

ตัวอย่างนี้โครงสร้างมีลักษณะเป็นเสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็กรับน้ำหนักบรรทุกทุกในแนวตั้ง เยื้องศูนย์กลางที่ปลายอิสระ รายละเอียดของโครงสร้างและน้ำหนักบรรทุกแสดงในรูปที่ 4.1 และมีรายละเอียดคุณสมบัติขององค์อาคารและวัสดุดังตารางที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ลักษณะโครงสร้างและแรงกระทำ ตัวอย่างที่ 1



รูปที่ 4.2 ลักษณะโครงสร้างจำลอง ตัวอย่างที่ 1

ตารางที่ 4.1 คุณสมบัติขององค์อาคาร ตัวอย่างที่ 1

| | หน่วย | ตัวอย่างที่ 1 |
|-----------|--------------------|---------------|
| b | cm | 20.0 |
| t | cm | 15.0 |
| d' | cm | 2.0 |
| d | cm | 13.0 |
| A_s | cm ² | 2.262 |
| A_s | cm ² | 2.262 |
| s | cm | 10.0 |
| A_{s_c} | cm ² | 0.712 |
| f'_c | kg/cm ² | 400.0 |
| E_c | kg/cm ² | 342048.0 |
| f_y | kg/cm ² | 4826.0 |
| E_s | kg/cm ² | 2.10E+06 |

หมายเหตุ : แต่ละองค์อาคารมีขนาดหน้าตัดเท่ากันหมด และ $\rho = 0.015$

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์เมื่อแบ่งย่อยชิ้นส่วน เพื่อหาผู้เข้าของคำตอบ

| จำนวนชิ้นส่วนย่อยทั้งหมด | 4 | 8 | 16 |
|--|--------|--------|--------|
| น้ำหนักบรรทุกสูงสุด (ตัน) | 38.2 | 38.0 | 38.0 |
| การกระจัดทางด้านข้าง ที่จุดสูงสุด (ซม.) | -1.911 | -1.949 | -2.131 |

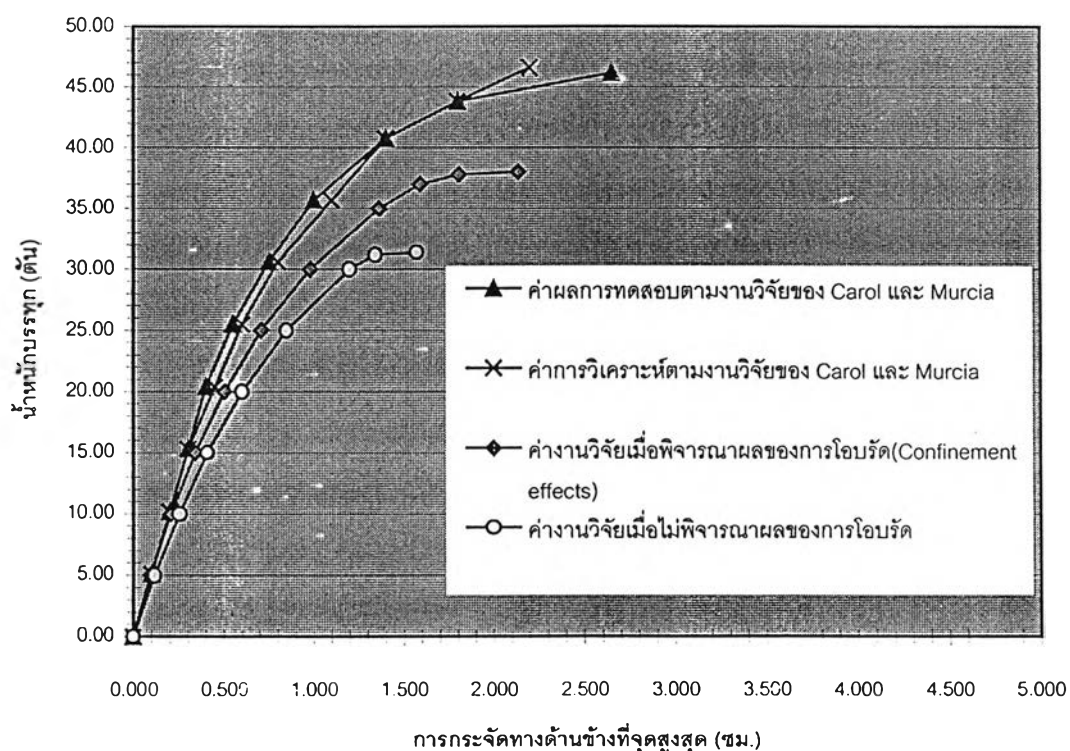
หมายเหตุ : เลือกตัวอย่างซึ่งแบ่งย่อย 16 ชิ้นส่วนเป็นคำตอบ

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบกับงานวิจัยที่ผ่านมา ตัวอย่างที่ 1

| การวิเคราะห์ | Carol and Murcia (Experiment) | Carol and Murcia (Analysis) | ไม่คิดผลของ การโอบรัด | คิดผลของ การโอบรัด |
|--|----------------------------------|--------------------------------|--------------------------|-----------------------|
| น้ำหนักบรรทุก สูงสุด (ตัน) | 46.18 (100.00) | 46.58 (100.86) | 31.4 (68.00) | 38.0 (82.29) |
| การกระจัดทางด้านข้าง ที่จุดสูงสุด (ซม.) | -2.65 (100.00) | -2.20 (83.01) | -1.58 (59.62) | -2.13 (80.38) |

หมายเหตุ : ตัวเลขในวงเล็บ () เป็นค่าร้อยละเปรียบเทียบ

ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบกับงานวิจัยที่ผ่านมาแสดงดังตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกกับการกระจัดทางด้านข้างที่จุดสูงสุด
เปรียบเทียบกับงานวิจัยที่ผ่านมา ตัวอย่างที่ 1

ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์เมื่อระยะห่างของเหล็กรั้วรอบเปลี่ยนแปลง ตัวอย่างที่ 1

| การวิเคราะห์ | ระยะห่างเหล็กรั้วรอบ 10.0 ซม. | ระยะห่างเหล็กรั้วรอบ 5.0 ซม. |
|--|----------------------------------|---------------------------------|
| น้ำหนักบรรทุกสูงสุด(ตัน) | 38.0 | 38.8 |
| การกระจัดทางด้านข้าง ที่จุดสูงสุด (ซม.) | -1.949 | -2.011 |

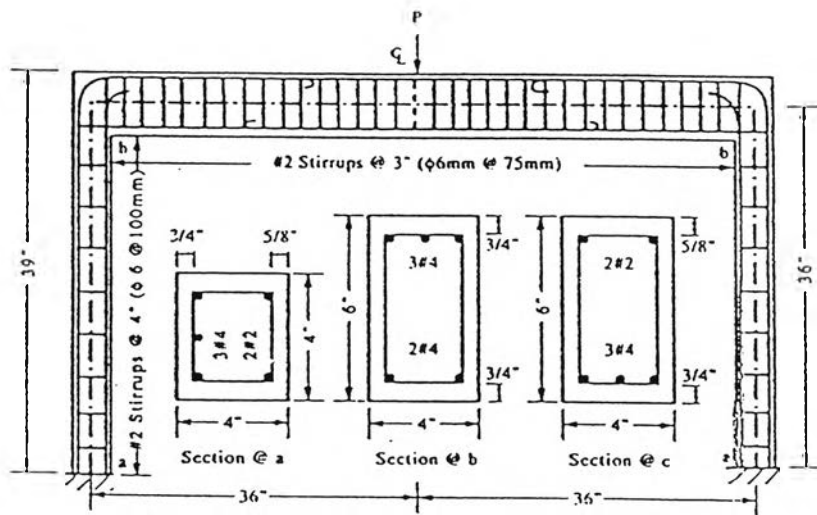
จากการวิเคราะห์เปรียบเทียบกับงานวิจัยที่ผ่านมา โดยอาศัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ทำการวิเคราะห์โครงสร้างแบบอินอิลาสติคอันดับที่สอง ที่พัฒนาขึ้นสำหรับงานวิจัยนี้ สำหรับตัวอย่างที่ 1 พบว่า

1. จากการเปรียบเทียบโครงสร้างจำลองทั้งสามแบบของงานวิจัยนี้ จะเห็นว่าโครงสร้างจำลองทั้งสามแบบนี้จะรับน้ำหนักบรรทุกสูงสุดใกล้เคียงกันมากคือ 38.2, 38.0 และ 38.0 ตัน และค่าการกระจัดด้านทางข้างที่จุดสูงสุดเท่ากับ -1.911, -1.949 และ -2.131 ซม. ตามลำดับ ซึ่งพบว่าโครงสร้างจำลองแบบที่สามให้ขนาดการกระจัดที่จุดสูงสุดเข้าใกล้ผลการทดสอบของ Carol และคณะ ได้ดีกว่า ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการแบ่งชิ้นส่วน ละเอียดขึ้น จะทำนายผลของพฤติกรรมโครงสร้างได้ดีขึ้นด้วย
2. เมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักบรรทุกสูงสุดตามการวิเคราะห์อินอิลาสติคอันดับที่สองที่คำนึงถึงผลของการไอบรัดของเหล็กปลอกและที่ไม่คำนึงถึงผลของการไอบรัดของเหล็กปลอก จะพบว่าเมื่อคำนึงถึงผลของการไอบรัดของเหล็กปลอกแล้วจะให้ค่าความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกสูงสุดเพิ่มขึ้นพร้อมค่าการกระจัดที่จุดสูงสุดของโครงสร้างนี้ก็เพิ่มขึ้นด้วย โดยที่โครงสร้างนี้รับน้ำหนักได้เพิ่มขึ้นจากเดิมร้อยละ 68.00 เป็นร้อยละ 82.29 เมื่อเทียบกับผลการทดสอบของ Carol และคณะ และการกระจัดที่จุดสูงสุดก็เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 59.62 เป็นร้อยละ 80.38 ซึ่งแสดงให้เห็นชัดเจนมากถึงความเหนียวของโครงสร้างที่เพิ่มขึ้นเมื่อคิดผลของเหล็กปลอกที่มีต่อโครงสร้างโดยเฉพาะโครงสร้างที่ต้องรับน้ำหนักในลักษณะ คาน-เสาค

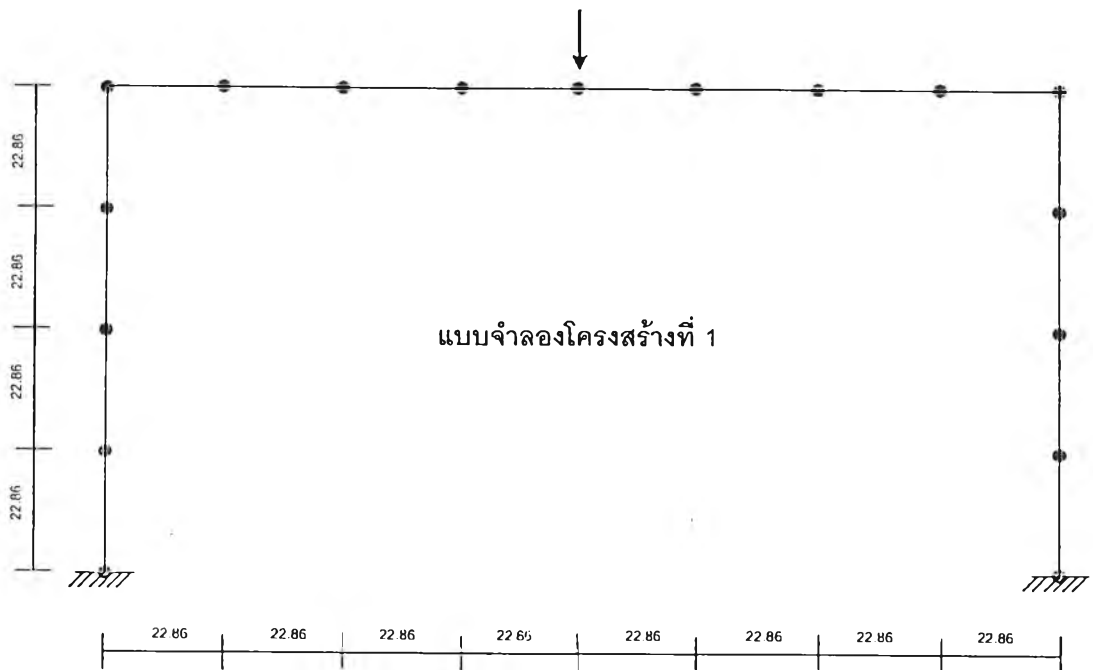
3. การลดระยะห่างระหว่างเหล็กปลอกจากเดิม จะช่วยเพิ่มความสามารถในการรับน้ำหนัก และการกระจัดทางด้านข้างให้สูงขึ้นตามไปด้วย ดังเช่นผลที่แสดงในตารางที่ 4.4 ที่แบ่งโครงสร้างจำลองออกเป็น 8 ส่วน จะเห็นว่าโครงสร้างที่ใช้ระยะห่างของเหล็กปลอก 5.0 ซม.จะมีพฤติกรรมที่ดีกว่าโครงสร้างที่ใช้ระยะห่างของเหล็กปลอก 10.0 ซม.
4. เมื่อเปรียบเทียบค่าน้ำหนักบรรทุกสูงสุดตามการวิเคราะห์อินอีลาสติกอันดับที่สองที่คำนึงถึงผลของการไอบริตของเหล็กปลอก กับการทดสอบโครงสร้างของ Carol และคณะ ที่ได้ผลของน้ำหนักบรรทุกสูงสุด 46.18 ตัน นั้น ในงานวิจัยนี้ได้ค่าน้ำหนักบรรทุกสูงสุด 38.0 ตัน คืออยู่ที่ระดับร้อยละ 82.29 ของการทดสอบซึ่งถือว่าอยู่ในระดับที่ใช้ได้ เนื่องจากผลที่ได้จากการทดสอบของ Carol และคณะ ยังมีปัจจัยแวดล้อมอื่นๆอีกที่มีผลต่อการทดสอบแต่ละครั้งด้วย

รายงานผลการวิเคราะห์และเปรียบเทียบตัวอย่างที่ 2

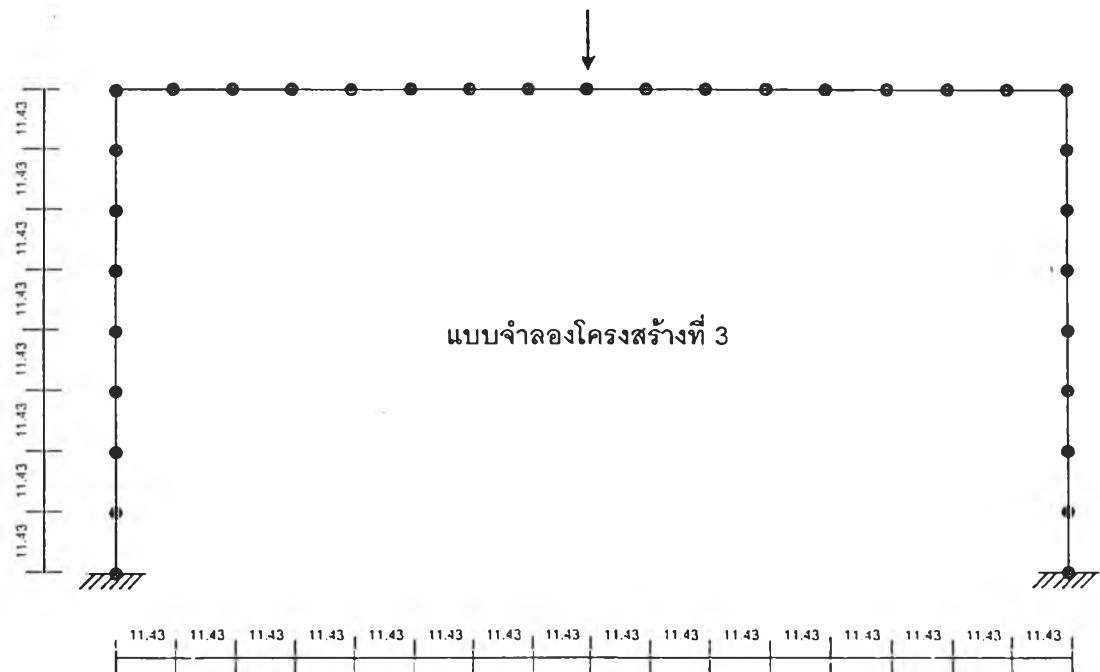
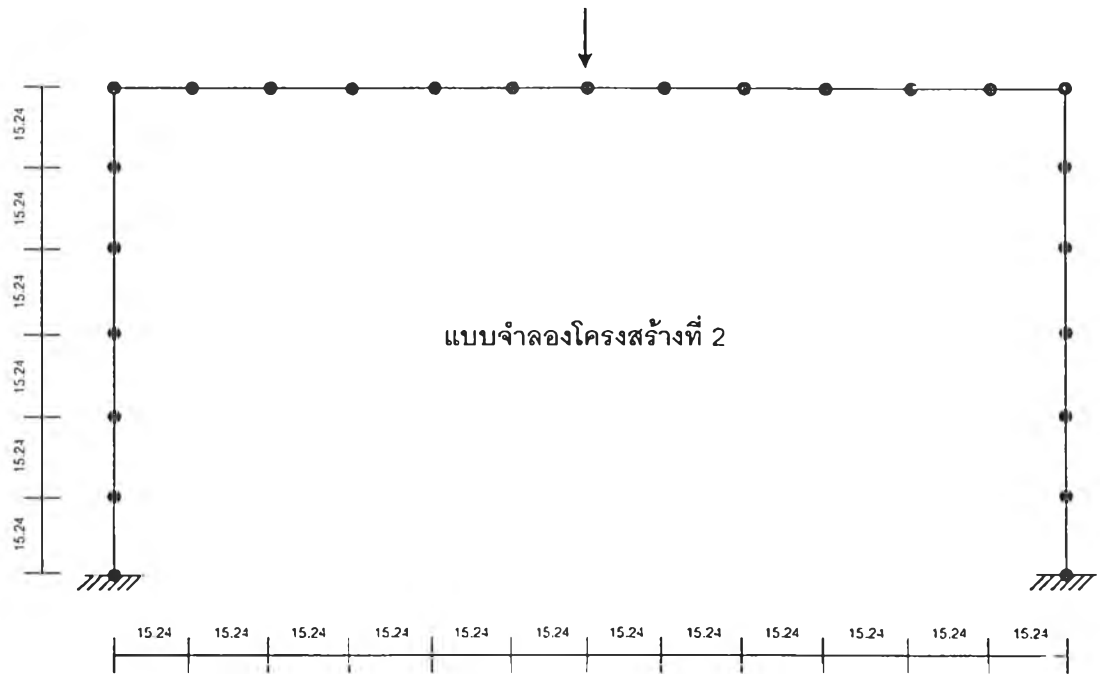
โครงสร้างที่เป็นตัวอย่างที่ 2 มีลักษณะโครงสร้างเป็นโครงข้อแข็งคอนกรีตเสริมเหล็ก 1 ช่วงเสา สูง 1 ชั้น มีฐานรองรับเป็นแบบยึดแน่น รายละเอียดของโครงสร้างและน้ำหนักบรรทุกแสดงในรูปที่ 4.4 และมีรายละเอียดคุณสมบัติขององค์อาคารดัง ตารางที่ 4.5



รูปที่ 4.4 ลักษณะโครงสร้างและแรงกระทำ ตัวอย่างที่ 2



รูปที่ 4.5 ลักษณะโครงสร้างจำลอง ตัวอย่างที่ 2



รูปที่ 4.5(ต่อ) ลักษณะโครงสร้างจำลอง ตัวอย่างที่ 2

ตารางที่ 4.5 คุณสมบัติขององค์อาคาร ตัวอย่างที่ 2

| | หน่วย | หน้าตัด a | หน้าตัด b | หน้าตัด c |
|----------|--------------------|-----------|-----------|-----------|
| b | cm | 10.16 | 10.16 | 10.16 |
| t | cm | 10.16 | 15.24 | 15.24 |
| d' | cm | 2.540 | 2.540 | 1.905 |
| d | cm | 8.255 | 12.700 | 12.700 |
| A_s' | cm ² | 3.800 | 3.800 | 0.633 |
| A_s | cm ² | 0.633 | 2.533 | 3.800 |
| s | cm | 10.0 | 7.5 | 7.5 |
| A_{st} | cm ² | 0.316 | 0.316 | 0.316 |
| f_c' | kg/cm ² | 264.0 | 264.0 | 264.0 |
| E_c | kg/cm ² | 246146.8 | 246146.8 | 246146.8 |
| f_y | kg/cm ² | 3094.8 | 3094.8 | 3094.8 |
| E_s | kg/cm ² | 2038736.0 | 2038736.0 | 2038736.0 |

หมายเหตุ : องค์อาคารที่มีคุณสมบัติแบบหน้าตัด a $\rho = 0.034$

องค์อาคารที่มีคุณสมบัติแบบหน้าตัด b $\rho = 0.048$

องค์อาคารที่มีคุณสมบัติแบบหน้าตัด c $\rho = 0.033$

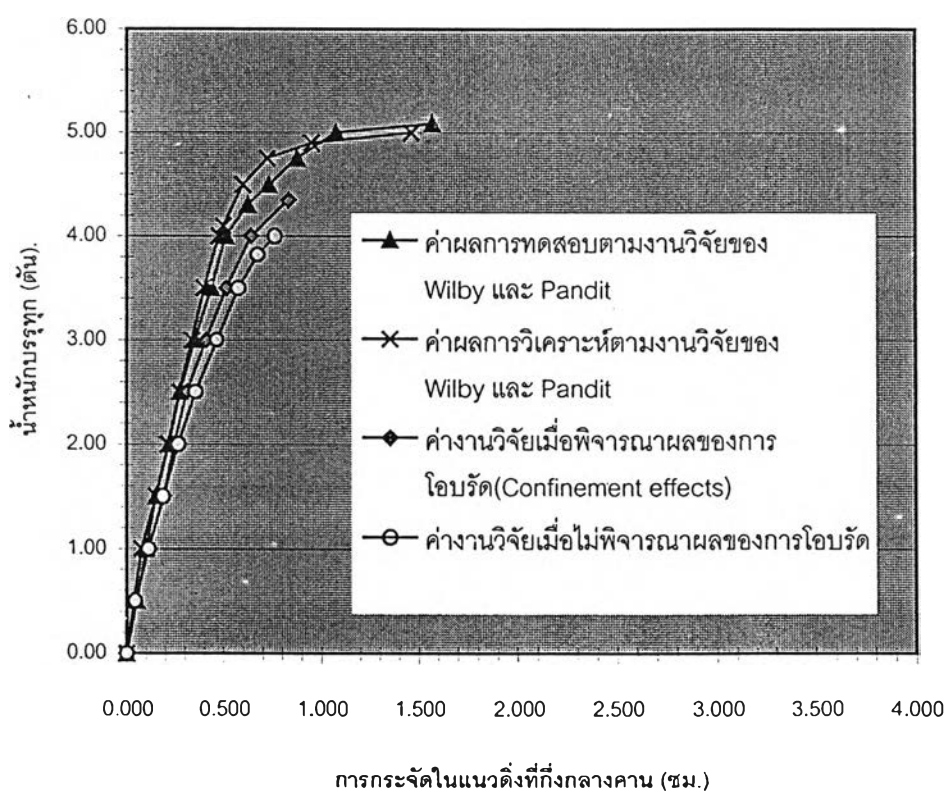
ตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์เมื่อแบ่งย่อยชิ้นส่วนเพื่อหาการลู่เข้าของค้ำคอบ

| | | | |
|---|--------|--------|--------|
| จำนวนชิ้นส่วนทั้งย่อยหมด | 16 | 24 | 32 |
| น้ำหนักบรรทุกสูงสุด (ตัน) | 4.70 | 4.35 | 4.20 |
| การกระจัดในแนวตั้งที่กึ่งกลางคาน เมื่อรับน้ำหนักบรรทุกสูงสุด (ซม.) | -0.691 | -0.831 | -0.762 |

ตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบกับงานวิจัยที่ผ่านมา ตัวอย่างที่ 2

| การวิเคราะห์ | Wilby and Pandit (Experiment) | Wilby and Pandit (Analysis) | ไม่คิดผลของ การโอบรัด | คิดผลของ การโอบรัด |
|---|----------------------------------|--------------------------------|--------------------------|-----------------------|
| น้ำหนักบรรทุกสูงสุด(ตัน) | 5.09 (100.00) | 5.00 (98.23) | 4.05 (79.56) | 4.35 (85.46) |
| การกระจัดในแนวตั้ง ที่กึ่งกลางคานเมื่อรับ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด (ซม.) | -1.670 | -1.462 | -0.730 | -0.831 |

หมายเหตุ : ตัวเลขในวงเล็บ () เป็นค่าร้อยละเปรียบเทียบ



รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกกับการกระจัดในแนวตั้งที่กึ่งกลางคาน
เปรียบเทียบกับงานวิจัยที่ผ่านมา ตัวอย่างที่ 2

ตารางที่ 4.8 ผลการวิเคราะห์เมื่อระยะห่างของเหล็กกรอบเปลี่ยนแปลง ตัวอย่างที่ 2

| การวิเคราะห์ | ระยะห่างเหล็กกรอบ | ระยะห่างเหล็กกรอบ |
|---|---------------------------------|--------------------------------|
| | เสา = 10.0 ซม. คาน = 7.5 ซม. | เสา = 5.0 ซม. คาน = 5.0 ซม. |
| น้ำหนักบรรทุกสูงสุด (ตัน) | 4.35 | 4.40 |
| การกระจัดในแนวตั้ง ที่กึ่งกลางคานเมื่อรับ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด (ซม.) | -0.831 | -0.846 |

เมื่อจัดเตรียมข้อมูลและทำการวิเคราะห์อินทิลาสติกอันดับที่สองโดยคำนึงถึงผลของการโอบรัดของเหล็กปลอก โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้น เมื่อนำผลการวิเคราะห์ที่ได้เปรียบเทียบกับงานวิจัยที่ผ่านมา ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 4.6 และตารางที่ 4.7

จากการวิเคราะห์ในตัวอย่างที่ 2 พบว่า

1. ค่าน้ำหนักบรรทุกประลัยที่ได้จากงานวิจัยนี้คือ 4.35 ตัน ซึ่งอยู่ในระดับที่ดีเมื่อเทียบกับผลการทดสอบของ Wilby และ Pandit ที่ได้ 5.09 ตัน เมื่อเทียบเป็นร้อยละจะได้ระดับร้อยละ 85.46 ของผลการทดสอบ
2. เมื่อเปรียบเทียบการรับน้ำหนักบรรทุกสูงสุดตามการวิเคราะห์อินทิลาสติกอันดับที่สองที่คำนึงถึงผลของการโอบรัดของเหล็กปลอก และที่ไม่คำนึงถึงผลของการโอบรัดของเหล็กปลอกจะพบว่าเมื่อคำนึงถึงผลของการโอบรัดของเหล็กปลอกแล้ว จะให้ค่าความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกสูงสุดเพิ่มขึ้นจากเดิมแต่ไม่มากนัก คือจากร้อยละ 79.56 เป็นร้อยละ 85.46 และค่าการกระจัดในแนวตั้งที่กึ่งกลางคานของโครงสร้างนี้ก็เพิ่มขึ้นด้วยแต่ไม่มาก ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความเหนียว(Ductility)ของโครงสร้างจะเพิ่มขึ้นเมื่อคิดผลของเหล็กปลอก แต่ความเหนียวจะเพิ่มขึ้นมากหรือน้อยทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับ คุณสมบัติ ลักษณะของโครงสร้าง ตำแหน่ง ประเภทขององค์อาคารส่วนที่รับแรง และลักษณะทิศทางของแรงที่กระทำต่อโครงสร้างนั้นๆ ประกอบกันด้วย ซึ่งในตัวอย่างนี้ แรงกระทำต่อโครงสร้างในแนวตั้งในส่วนขององค์อาคารที่เป็นคาน

3. การลดระยะห่างระหว่างเหล็กปลอกจากเดิม จะช่วยเพิ่มความสามารถในการรับน้ำหนักและการกระจัดทางด้านข้างให้สูงขึ้นตามไปด้วย ดังเช่นผลที่แสดงในตารางที่ 4.8 ที่แบ่งโครงสร้างจำลองออกเป็น 24 ส่วน จะเห็นว่าโครงสร้างที่ใช้ระยะห่างของเหล็กปลอกทั้งเสาและคาน 5.0 ซม. จะมีพฤติกรรมที่ดีกว่าโครงสร้างที่ใช้ระยะห่างของเหล็กปลอกที่เสา 10.0 ซม. และคาน 7.5 ซม.