

บทที่ 4

รายงานการวิเคราะห์และเปรียบเทียบผล

ความนำ

การรายงานและการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลที่จะเสนอต่อไปนี้ เป็นตัวอย่างการวิเคราะห์โครงข้อแข็งคอนกรีตเสริมเหล็กจำนวน 3 ตัวอย่าง เพื่อเป็นการยืนยันของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นตามหลักการวิเคราะห์ที่เสนอสามารถใช้งานได้เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่ผ่านมา รวมทั้งแสดงถึงความสามารถของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการนำมาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างแบบอื่น ๆ นอกเหนือจากการวิเคราะห์อิลาสติกอันดับที่สองที่คำนึงถึงผลการแตกร้าวตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้

ตัวอย่างที่ 1 เป็นโครงข้อแข็งคอนกรีตเสริมเหล็ก 1 ช่วงเสา สูง 1 ชั้น มีฐานรองรับเป็นแบบยึดแน่น ลักษณะน้ำหนักบรรทุกกระทำในแนวตั้งและแนวราบ เมื่อวิเคราะห์จะนำผลไปเปรียบเทียบกับผลการทดสอบของ Bertero and McClure, 1964 และผลการวิเคราะห์ของ Seniwongse, 1979 เพื่อเป็นการยืนยันว่าผลการวิเคราะห์ตามงานวิจัยนี้สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ของงานวิจัยที่ผ่านมา รวมทั้งแสดงผลการแบ่งจำนวนชิ้นส่วนที่ต่างกันต่อหนึ่งหน่วยองค์อาคารของงานวิจัยนี้

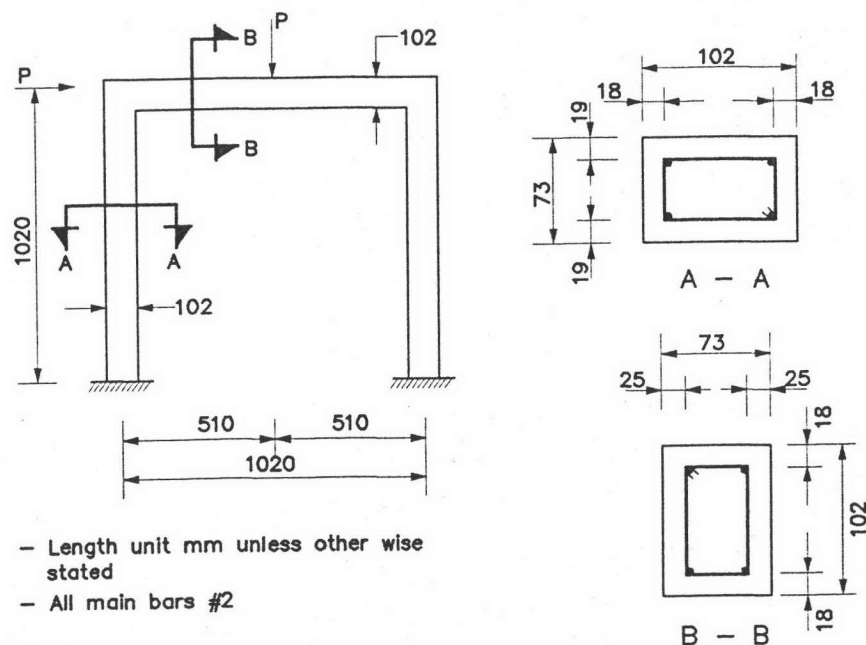
ตัวอย่างที่ 2 เป็นโครงข้อแข็งคอนกรีตเสริมเหล็ก 1 ช่วงเสา สูง 1 ชั้น มีฐานรองรับเป็นแบบหมุนได้ ลักษณะโครงสร้างมีน้ำหนักบรรทุกกระทำในแนวตั้งเท่านั้น เมื่อวิเคราะห์จะนำผลไปเปรียบเทียบกับผลการทดสอบของ Ernst, et al., 1973 และผลการวิเคราะห์ของ Tunwa, 1978 เพื่อเป็นการยืนยันว่าผลการวิเคราะห์ตามงานวิจัยนี้สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ของงานวิจัยที่ผ่านมา

ตัวอย่างที่ 3 เป็นเสาเอียง (Cantilever column) คอนกรีตเสริมเหล็ก ลักษณะของน้ำหนักบรรทุกกระทำในแนวตั้งเฉียงศูนย์ที่ปลายอิสระ เมื่อวิเคราะห์จะนำผลไปเปรียบเทียบกับผลการทดสอบและผลการวิเคราะห์ของ Carol and Murcia, 1989 ในตัวอย่างนี้จะทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบพฤติกรรมของโครงข้อแข็งคอนกรีตเสริมเหล็กจากผลของวัสดุและผลของการเปลี่ยน

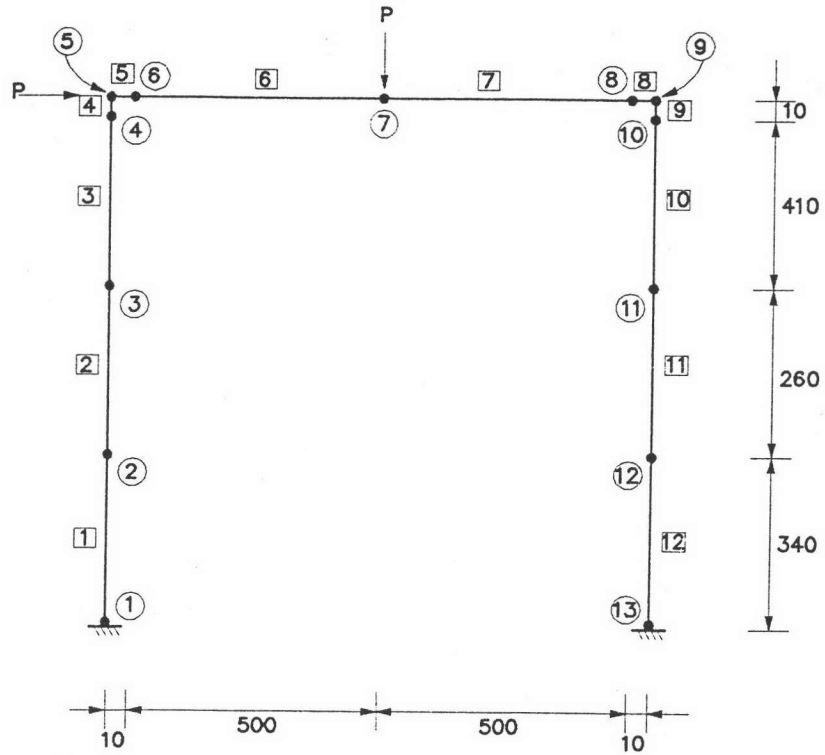
ตำแหน่ง โดยการแสดงผลเปรียบเทียบการวิเคราะห์อิลาสติกอันดับที่หนึ่ง, การวิเคราะห์อิลาสติกอันดับที่สอง และการวิเคราะห์อิลาสติกอันดับที่สองที่คำนึงถึงผลของการแตกร้าวที่ได้ จากงานวิจัยนี้ เพื่อเป็นการยืนยันว่าผลการวิเคราะห์ตามแนววิจัยนี้สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ของงานวิจัยที่ผ่านมา และแสดงให้เห็นถึงความสามารถของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นในการนำไปวิเคราะห์โครงสร้างเชิงคอนกรีตเสริมเหล็กโดยการวิเคราะห์อิลาสติกอันดับที่หนึ่ง การวิเคราะห์อิลาสติกอันดับที่สอง และ การวิเคราะห์อิลาสติกอันดับที่สองที่คำนึงถึงผลของการแตกร้าว

รายงานผลการวิเคราะห์และเปรียบเทียบตัวอย่างที่ 1

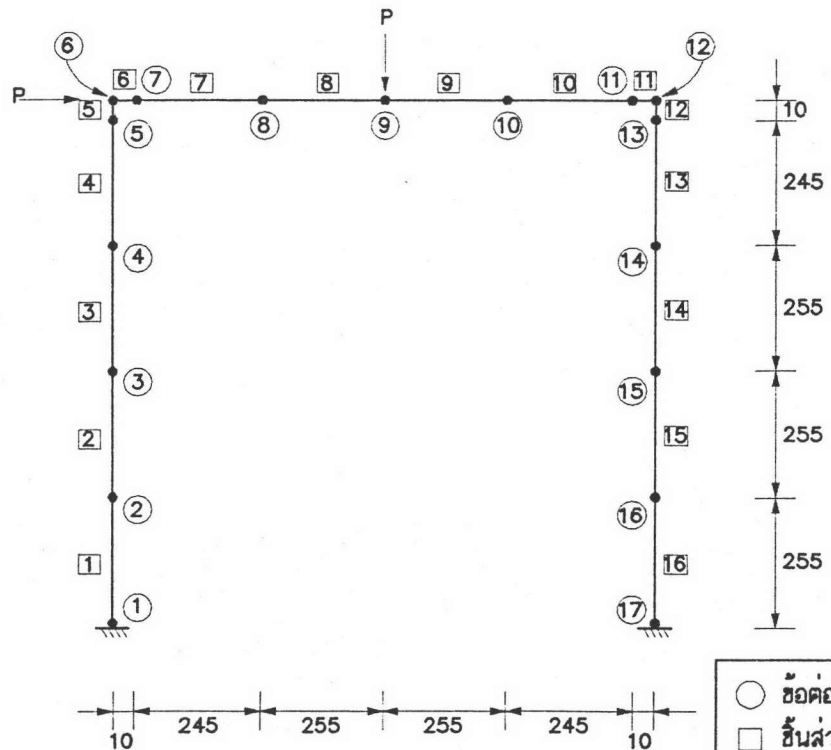
โครงสร้างที่เป็นตัวอย่างที่ 1 มีลักษณะโครงสร้างเป็นโครงข้อแข็งคอนกรีตเสริมเหล็ก 1 ช่วงเสา สูง 1 ชั้น มีฐานรองรับเป็นแบบยึดแน่น รายละเอียดของโครงสร้างและน้ำหนักบรรทุกแสดงในรูปที่ 4.1 และมีรายละเอียดคุณสมบัติขององค์อาคารดังตารางที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ลักษณะโครงสร้างและแรงกระทำตัวอย่างที่ 1



(ก) โครงสร้างจำลองแบบที่ 1



(ข) โครงสร้างจำลองแบบที่ 2

รูปที่ 4.2 ลักษณะโครงสร้างจำลองของของงานวิจัยนี้ในตัวอย่างที่ 1

ตารางที่ 4.1 คุณสมบัติขององค์อาคารตัวอย่างที่ 1

	Unit	ตัวอย่างที่ 1
b	cm	7.3
t	cm	10.2
d	cm	1.8
d'	cm	8.4
A _s	cm ²	0.633
A _s '	cm ²	0.633
f _c	kg/cm ²	296.0
E _c	kg/cm ²	206789.0
f _y	kg/cm ²	3394.0
E _s	kg/cm ²	2.06E+06

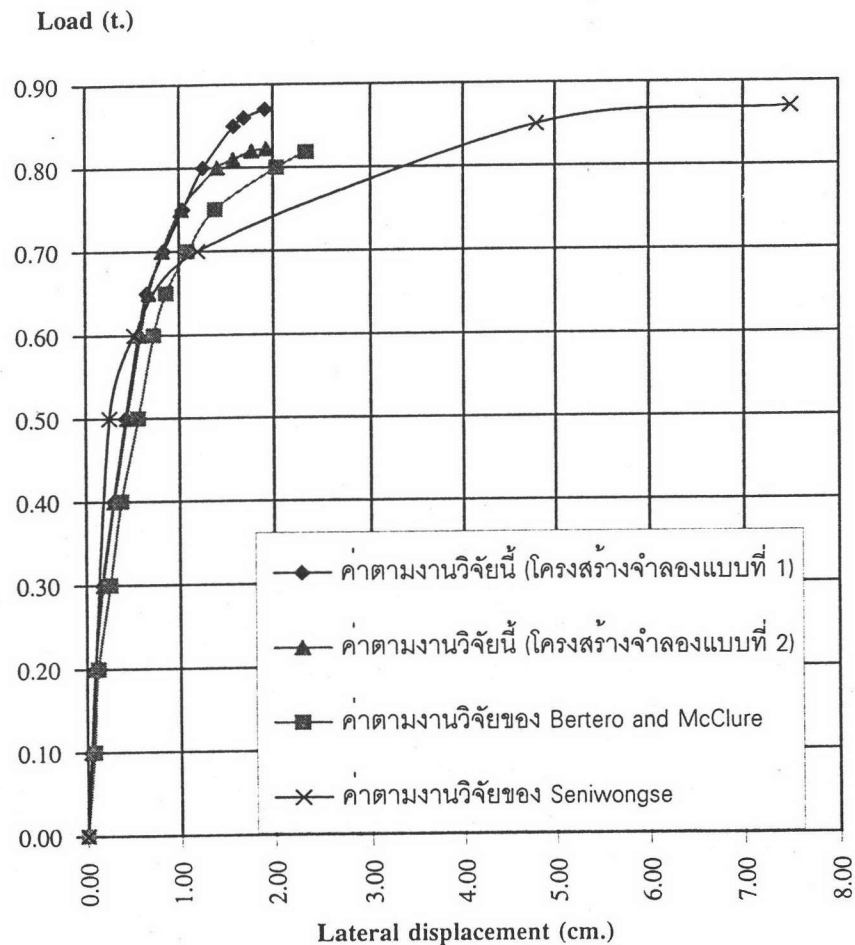
หมายเหตุ : แต่ละองค์อาคารมีคุณสมบัติเท่ากันหมด

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบกับงานวิจัยที่ผ่านมา ตัวอย่างที่ 1

การวิเคราะห์	Bertero and McClure	Seniwongse	งานวิจัยนี้สำหรับ โครงสร้างจำลอง แบบที่ 1	งานวิจัยนี้สำหรับ โครงสร้างจำลอง แบบที่ 2
น้ำหนักบรรทุก สูงสุด (ตัน)	0.8182 (100.00)	0.87 (106.33)	0.87 (106.33)	0.8225 (100.53)
การเปลี่ยนตำแหน่ง ทางด้านข้างที่จุดสูง สุดที่น้ำหนักบรรทุก สูงสุด(ซม.)	2.34 (100.00)	7.50 (320.51)	1.919 (82.01)	1.928 (82.39)

หมายเหตุ ; ตัวเลขในวงเล็บ () เป็นค่าร้อยละเปรียบเทียบ

เมื่อจัดเตรียมข้อมูลและทำการวิเคราะห์ฮิสตริกอันดับที่สองที่คำนึงถึงผลของการแตก
 ร้าว โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้น เมื่อนำผลการวิเคราะห์ที่ได้เปรียบเทียบกับงานวิจัย
 ที่ผ่านมา แสดงดังตารางที่ 4.2 และ รูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุก กับ การเปลี่ยนตำแหน่งทางด้านข้าง เปรียบเทียบ
 กับงานวิจัยที่ผ่านมามีตัวอย่างที่ 1

จากการวิเคราะห์เปรียบเทียบกับงานวิจัยที่ผ่านมา โดยอาศัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์
 โครงสร้างฮิสตริกอันดับที่สองที่คำนึงถึงผลการแตกร้าวที่พัฒนาขึ้นสำหรับงานวิจัยนี้ สำหรับ
 ตัวอย่างที่ 1 จะเห็นว่า

1. จากการเปรียบเทียบโครงสร้างจำลองทั้งสองแบบของงานวิจัยนี้ จะเห็นว่าโครงสร้างจำลองแบบที่ 1 และ แบบที่ 2 จะมีค่าน้ำหนักบรรทุกสูงสุดเท่ากับ 0.87 , 0.8225 ตัน ตามลำดับ และค่าการเปลี่ยนตำแหน่งทางด้านข้างที่จุดสูงสุดเท่ากับ 1.919, 1.928 ซม. ตามลำดับ จากค่าที่ได้เมื่อเปรียบเทียบกับผลทดสอบของ Bertero and McClure, 1964 แสดงให้เห็นว่าโครงสร้างแบบที่ 2 ที่มีการแบ่งชิ้นส่วนละเอียดกว่าสามารถทำนายผลพฤติกรรมของโครงสร้างได้ดีกว่า

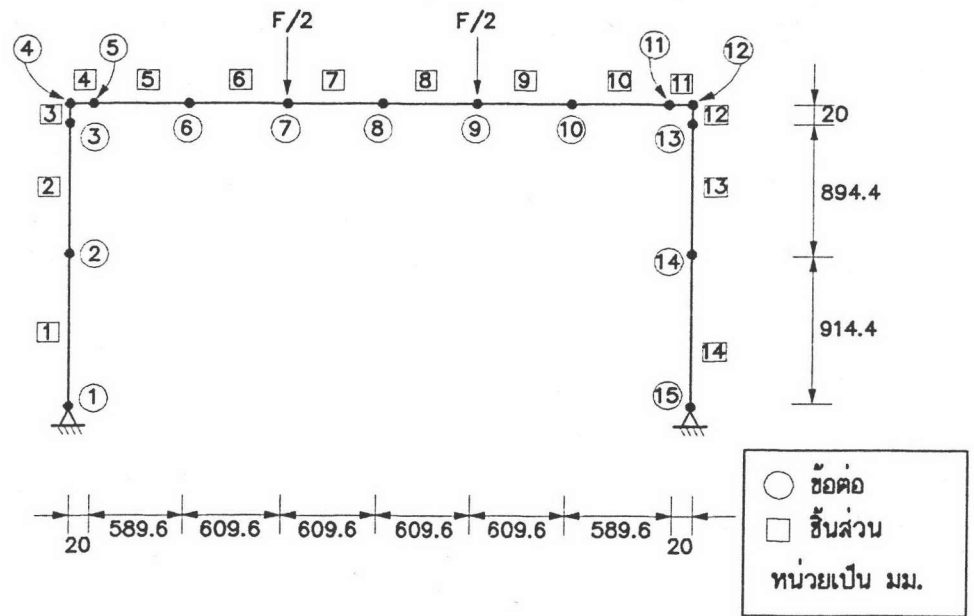
2. จากค่าน้ำหนักบรรทุกสูงสุด ค่าที่ได้จากงานวิจัยนี้จะมีค่า 0.8225 ตัน (โครงสร้างจำลองแบบที่ 2) และค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ของ Seniwongse, 1979 มีค่า 0.87 ตัน ซึ่งค่าทั้งสองที่ได้เมื่อเปรียบเทียบกับผลทดสอบของ Bertero and McClure, 1964 (0.8182 ตัน) จะมากกว่าอยู่ร้อยละ 0.53 และ 6.33 ตามลำดับ ซึ่งงานวิจัยนี้ทำนายค่าน้ำหนักบรรทุกสูงสุดได้ดีกว่างานวิจัยของ Seniwongse, 1979

3. เมื่อเปรียบเทียบค่าการเปลี่ยนตำแหน่งทางด้านข้างที่จุดสูงสุดที่น้ำหนักบรรทุกสูงสุดพบว่า ค่าที่ได้จากผลทดสอบของ Bertero and McClure, 1964 มีค่าเท่ากับ 2.34 ซม. ส่วนค่าที่ได้ตามงานวิจัยนี้ และค่าตามงานวิจัยของ Seniwongse, 1979 มีค่า 1.928 และ 7.50 ซม. ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่าค่าการเปลี่ยนตำแหน่งที่ได้จากในงานวิจัยนี้มีค่าต่ำกว่าผลการทดสอบของ Bertero and McClure, 1964 เนื่องจากเป็นการวิเคราะห์ในเชิงฮิสตริก แต่ค่าตามงานวิจัย Seniwongse, 1979 มีค่ามากกว่าผลทดสอบของ Bertero and McClure, 1964 อยู่มากเนื่องจากเป็นการวิเคราะห์โครงสร้างในเชิงอินฮิสตริก

4. ผลทำนายพฤติกรรมของโครงสร้างที่ได้จากงานวิจัยนี้สามารถทำนายผลน้ำหนักบรรทุกสูงสุดได้ดี และทำนายผลของการเปลี่ยนตำแหน่งได้ต่ำกว่าผลทดสอบของ Bertero and McClure, 1964 เนื่องจากการวิเคราะห์เป็นการวิเคราะห์ฮิสตริกอันดับที่สองที่คิดถึงผลของการแตกร้าว โดยไม่ได้คิดถึงผลการวิบัติเนื่องจากวัสดุที่จะทำให้โครงสร้างเกิดจุดหมุนพลาสติก (Plastic Hinge) ซึ่งจะก่อให้เกิดการเปลี่ยนตำแหน่งมาก

รายงานผลการวิเคราะห์และเปรียบเทียบตัวอย่างที่ 2

ตัวอย่างนี้โครงสร้างมีลักษณะเป็นโครงข้อแข็งคอนกรีตเสริมเหล็ก 1 ช่วงเสา สูง 1 ชั้น เป็นโครงข้อแข็งที่มีฐานรองรับเป็นแบบหมุนได้ รายละเอียดของโครงสร้าง และน้ำหนักบรรทุกแสดงในรูปที่ 4.4 และมีรายละเอียดคุณสมบัติขององค์อาคารและวัสดุดังตารางที่ 4.3



รูปที่ 4.4 ลักษณะโครงสร้างและแรงกระทำตัวอย่างที่ 2

ตารางที่ 4.3 คุณสมบัติขององค์อาคารตัวอย่างที่ 2

	Unit	ตัวอย่างที่ 2
b	cm	11.25
t	cm	20.0
d	cm	3.75
d'	cm	16.25
A_s	cm ²	4.0
A_s'	cm ²	4.0
f_c'	kg/cm ²	295.0
E_c	kg/cm ²	283500.0
f_y	kg/cm ²	3580.0
E_s	kg/cm ²	2.03E+06

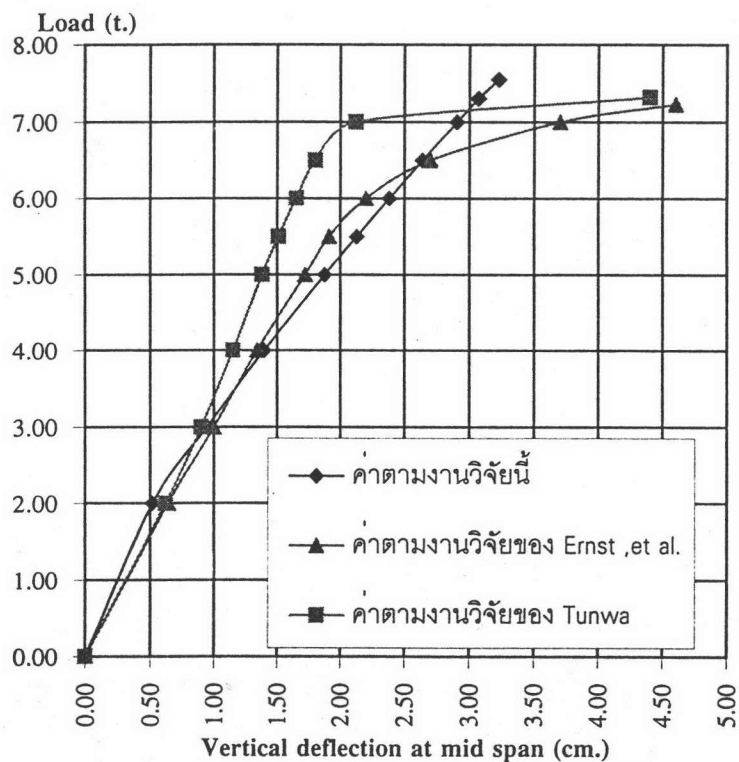
หมายเหตุ : แต่ละองค์อาคารมีคุณสมบัติเท่ากันหมด

ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบกับงานวิจัยที่ผ่านมาแสดงดังตารางที่ 4.4 และรูปที่ 4.5

ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบกับงานวิจัยที่ผ่านมา ตัวอย่างที่ 2

การวิเคราะห์	Ernst, et al.	Tunwa	งานวิจัยนี้
น้ำหนักบรรทุกทุกสูงสุด (ตัน)	7.227 (100.00)	7.318 (101.26)	7.546 (104.41)
การเปลี่ยนตำแหน่งในแนว ดิ่งที่จุดกึ่งกลางของคานที่ น้ำหนักบรรทุกทุกสูงสุด(ซม.)	4.60 (100.00)	4.40 (95.65)	3.226 (70.13)

หมายเหตุ ; ตัวเลขในวงเล็บ () เป็นคารอยละเปรียบเทียบ



รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกกับการเปลี่ยนตำแหน่งในแนวดิ่งที่จุดกึ่งกลางความยาวของคานเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่ผ่านมาตัวอย่างที่ 2

จากผลการวิเคราะห์ในตัวอย่างที่ 2 พบว่า

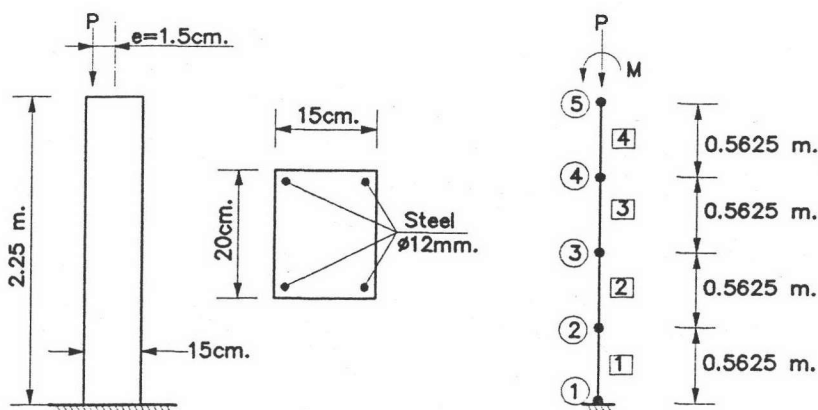
1. เมื่อเปรียบเทียบค่าน้ำหนักบรรทุกสูงสุด โดยยึดค่าผลทดสอบของ Ernst et al., 1973 เป็นตัวหลักในการเปรียบเทียบพบว่า ค่าน้ำหนักบรรทุกสูงสุดของงานวิจัยนี้ (7.546 ตัน) และค่าตามงานวิจัยของ Tunwa, 1978 (7.318 ตัน) มีค่ามากกว่าผลทดสอบของ Ernst et al, 1973 (7.227 ตัน) อยู่ร้อยละ 4.41 และ 1.26 ตามลำดับ

2. เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนตำแหน่งในแนวตั้งที่จุดกึ่งกลางความยาวของคานที่น้ำหนักบรรทุกสูงสุด พบว่าค่าของงานวิจัยนี้มีค่าต่ำกว่าค่าจากผลทดสอบของ Ernst et al., 1973 อยู่ร้อยละ 29.87 ในขณะที่มีค่าน้อยกว่างานวิจัยของ Tunwa อยู่ร้อยละ 26.68 เนื่องจากวิธีวิเคราะห์ในงานวิจัยนี้เป็นการวิเคราะห์เชิงอิลาสติก

3. งานวิจัยนี้สามารถทำนายผลของน้ำหนักบรรทุกสูงสุดของโครงสร้างได้ดีแต่ให้ผลทำนายการเปลี่ยนตำแหน่งในแนวตั้งที่จุดกึ่งกลางความยาวของคานได้ต่ำกว่า

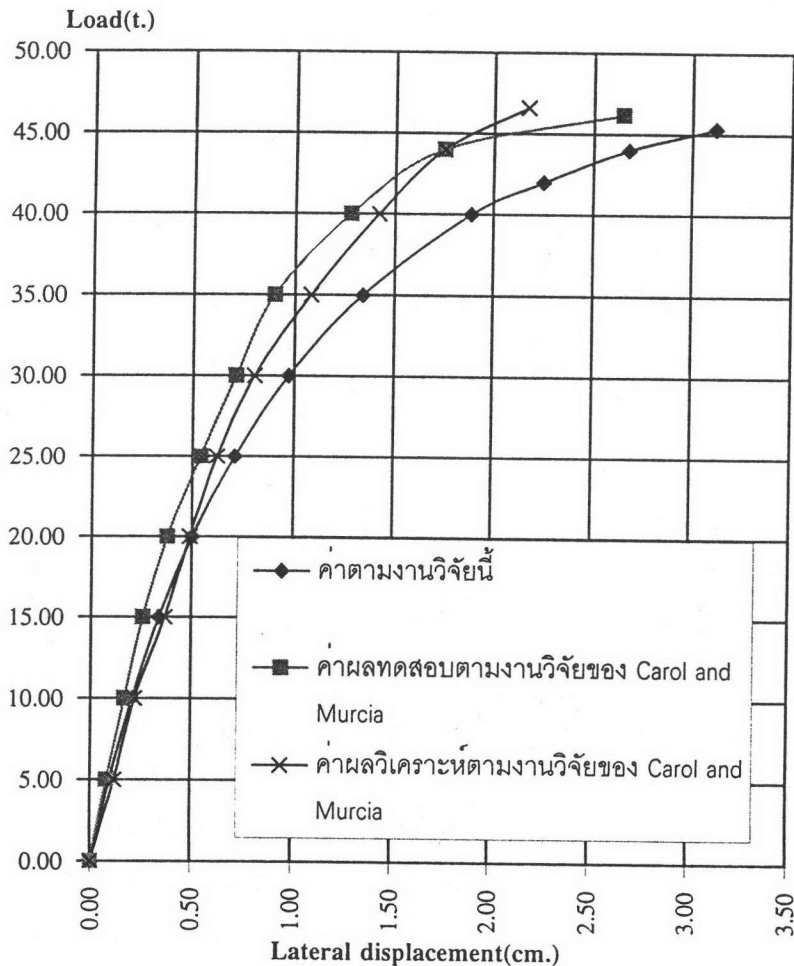
รายงานผลการวิเคราะห์และเปรียบเทียบตัวอย่างที่ 3

จากรูป 4.6 ลักษณะโครงสร้างเป็นเสาเอ็น คอนกรีตเสริมเหล็ก รับน้ำหนักบรรทุกในแนวตั้งเยื้องศูนย์กลางที่ปลายอิสระ นอกจากจะวิเคราะห์อิลาสติกอันดับที่สองที่คำนึงถึงผลของการแตกร้าวตามจุดประสงค์หลักของงานวิจัยนี้แล้วยังวิเคราะห์เปรียบเทียบการวิเคราะห์อิลาสติกอันดับที่หนึ่ง, การวิเคราะห์อิลาสติกอันดับที่สอง และการวิเคราะห์อิลาสติกอันดับที่สองที่คำนึงถึงผลของการแตกร้าว คุณสมบัติขององค์อาคารแสดงดังตารางที่ 4.5



รูปที่ 4.6 ลักษณะโครงสร้างและแรงกระทำตัวอย่างที่ 3

เมื่อทำการวิเคราะห์หิสลาสติกอันดับที่สองที่คำนึงถึงผลการแตกร้าแล้วนำผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบกับงานวิจัยที่ผ่านมาแสดงดังตารางที่ 4.6



รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกกับการเปลี่ยนตำแหน่งทางด้านข้างที่จุดสูงสุดเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่ผ่านมาตัวอย่างที่ 3

จากผลการวิเคราะห์ตัวอย่างที่ 3 จะเห็นว่า

1. เมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักบรรทุกสูงสุดตามการการวิเคราะห์หิสลาสติกอันดับที่สองที่คำนึงถึงผลของการแตกร้าของงานวิจัยนี้ (45.32 ตัน) กับงานวิจัยของ Carol and Murcia, 1989 ที่ได้จากผลการทดสอบ (46.18 ตัน) และที่ได้จากผลการวิเคราะห์ (46.59 ตัน) ซึ่งค่าที่ได้จากงานวิจัย นี้มีค่าต่ำกว่าที่ได้จากผลทดสอบอยู่ร้อยละ 1.86

2. เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนตำแหน่งทางด้านข้างที่จุดสูงสุดที่น้ำหนักบรรทุกสูงสุด พบว่างานวิจัยนี้มีค่าสูงกว่าค่าตามงานวิจัยที่ผ่านมาร้อยละ 17.73

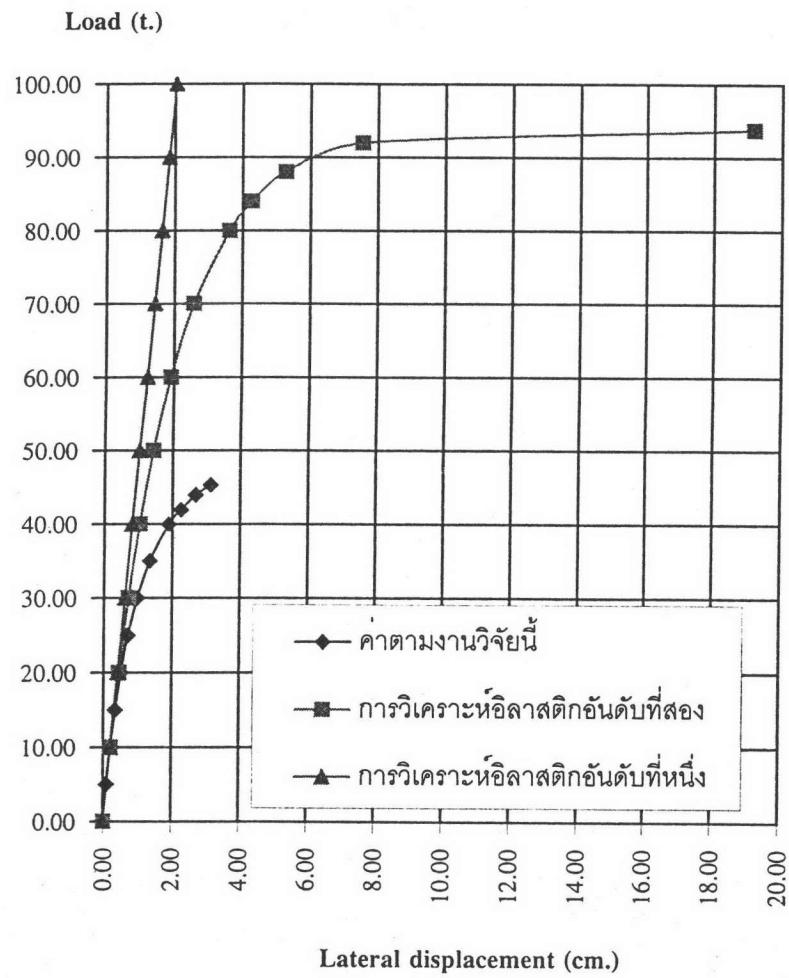
3. จากการเปรียบเทียบการวิเคราะห์ในช่วงอิลาสติกทั้ง 3 แบบ คือ อันดับที่หนึ่ง, อันดับที่สอง และอันดับที่สองที่คำนึงถึงผลของการแตกร้าว พบว่าการวิเคราะห์อิลาสติกที่สองจะลู่เข้าหาค่าน้ำหนักสูงสุดเท่ากับ 93.76 ตัน ค่าน้ำหนักนี้จะเป็นค่าน้ำหนักโก่งเดาะ (Buckling load) ส่วนการวิเคราะห์อิลาสติกอันดับที่หนึ่งจะไม่ได้ค่าดังกล่าว

4. การเปรียบเทียบการวิเคราะห์อิลาสติกอันดับที่สอง และการวิเคราะห์อิลาสติกอันดับที่สองที่คำนึงถึงผลของการแตกร้าว พบว่าสำหรับตัวอย่างนี้น้ำหนักบรรทุกสูงสุดที่วิเคราะห์โดยอิลาสติกอันดับที่สองสูงกว่าการวิเคราะห์อิลาสติกอันดับที่สองที่คำนึงถึงผลของการแตกร้าวอยู่ถึงร้อยละ 106.88 นั่นคือสำหรับโครงสร้างตามตัวอย่างนี้ความไม่เชิงเส้นของวัสดุส่งผลทำให้กำลังของโครงสร้างลดลงเมื่อวิเคราะห์โดยคำนึงถึงผลอันดับที่สอง ทำให้กำลังรับน้ำหนักบรรทุกสูงสุดลดลงร้อยละ 106.88

ตารางที่ 4.7เปรียบเทียบน้ำหนักบรรทุกสูงสุดที่ได้จากการวิเคราะห์อิลาสติกอันดับที่สองที่คำนึงถึงผลของการแตกร้าว, อิลาสติกอันดับที่สอง และอิลาสติกอันดับที่หนึ่ง ตัวอย่างที่ 3

การวิเคราะห์	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด (ตัน)	การเปลี่ยนตำแหน่ง (ซม.)
อิลาสติกอันดับที่สองที่ คำนึงถึงผลของการแตกร้าว	45.32 (100.00)	3.12 (100.00)
อิลาสติกอันดับที่สอง	93.76 (206.88)	19.186 (614.94)
อิลาสติกอันดับที่หนึ่ง	-	-

หมายเหตุ : ตัวเลขในวงเล็บ () เป็นคารออยละเปรียบเทียบ



รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ของน้ำหนักบรรทุกกับการเปลี่ยนตำแหน่งทางด้านข้างเปรียบเทียบระหว่างการวิเคราะห์อีลาสติกอันดับที่หนึ่ง, อีลาสติกอันดับที่สองและอีลาสติกอันดับที่สองที่คำนึงถึงผลการแตกร้าวดังตัวอย่างที่ 3