

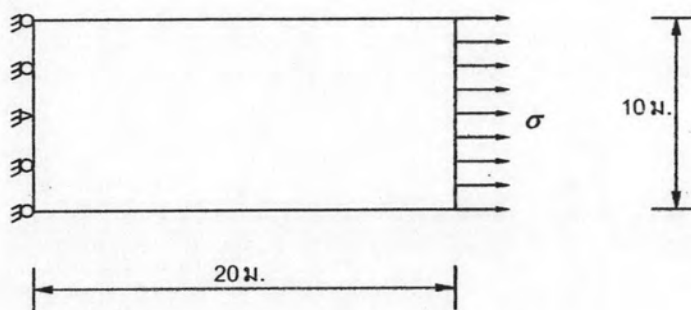
## บทที่ 4

### กรณีศึกษา

จากบทที่ 2 และบทที่ 3 ที่ได้กล่าวถึงทฤษฎีรวมถึงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นตามลำดับนั้น ในบทนี้จะกล่าวถึงกรณีที่ได้ทำการศึกษา โดยกรณีศึกษาที่ 1 เป็นการตรวจสอบความถูกต้องของชิ้นส่วนที่ได้พัฒนาขึ้นทั้งชิ้นส่วนขึ้น 6 จุดและชิ้นส่วน 8 จุด ในกรณีศึกษาที่ 2 เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของชิ้นส่วนที่ปลายรอยร้าวที่พัฒนาขึ้นโดยการให้ Sub Structure สำหรับหาค่าตัวประกอบความเข้มของความเค้น เพื่อใช้ทำนายทิศทางของการเติบโตของรอยร้าว ซึ่งทั้งสองกรณีที่กล่าวมาแล้วนั้น จะทำการเปรียบเทียบผลที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นกับผลเฉลยแม่นยำตรง จากนั้นในกรณีศึกษาที่ 3 เพื่อตรวจสอบลักษณะการเติบโตของรอยร้าวของคานคองกรีตล้นเริ่มต้น โดยทำการเปรียบเทียบกับผลงานวิจัยในอดีต ในกรณีศึกษาที่ 4 และ 5 เป็นกรณีศึกษาแบบจำลองคานคองกรีตเสริมเหล็กรับแรงดึงที่มีรอยร้าวเริ่มต้น เพื่อตรวจสอบลักษณะการเติบโตของรอยร้าว และเพื่อตรวจสอบกลไกของแบบจำลองพฤติกรรมของเหล็กเสริมที่ได้นำเสนอในงานวิจัยนี้ โดยจะเปรียบเทียบระหว่างผลที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น กับผลของการทดสอบในห้องปฏิบัติการของงานวิจัยในอดีต ส่วนในกรณีศึกษาสุดท้ายเป็นกรณีศึกษาที่ 6 เพื่อศึกษาพฤติกรรมของคานคองกรีตเสริมเหล็กที่เสริมกำลังด้วยแผ่นคาร์บอนไฟเบอร์

#### 4.1 กรณีศึกษาที่ 1

ในกรณีศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบของชิ้นส่วนที่พัฒนาขึ้น ทั้งชิ้นส่วน 6 จุด และ 8 จุด โดยจะทำการเปรียบเทียบผลที่วิเคราะห์ได้จากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น กับปัญหาชิ้นส่วนความเค้นแบบระนาบที่มีผลเฉลยแม่นยำตรง สำหรับปัญหาแผ่นระนาบที่ใช้วิเคราะห์นั้นมี ความเค้นดึงขนาด  $1000$  นิวตัน/เมตร<sup>2</sup> และแผ่นระนาบมีคุณสมบัติดังนี้คือ มีโมดูลัสยืดหยุ่นเท่ากับ  $30 \times 10^6$  นิวตัน/เมตร<sup>2</sup> ความหนา  $1$  เซนติเมตร ความกว้างเท่ากับ  $10.0$  เมตรและความยาวเท่ากับ  $20.0$  เมตร และมี อัตราส่วนปัวซองเท่ากับ  $0.3$  ดังแสดงในรูปที่ 4.1

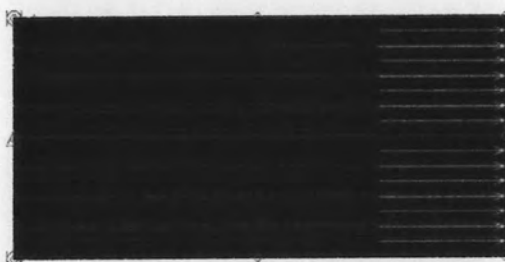


รูปที่ 4.1 แผ่นระนาบความเค้น

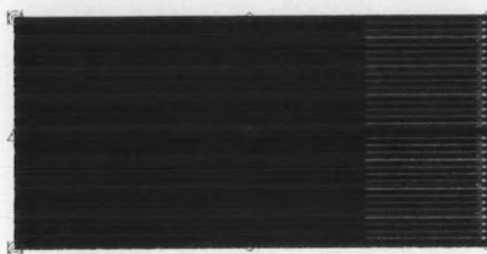
จากปัญหาของแผ่นระนาบมีผลเฉลยแม่นยำตรงของค่าการเปลี่ยนตำแหน่งเท่ากับ

$$\delta = \frac{PL}{AE} = \frac{1000 \times 10 \times 20 \times 1}{10 \times 1 \times 30000000} = 6.667 \times 10^{-4} \text{ ม.}$$

จากโปรแกรมทดลองสร้างชิ้นส่วนแบบหกจุดและแปดจุดเพื่อหาค่าการเคลื่อนที่ของปลายแผ่นระนาบของปัญหาดังกล่าวข้างต้น ดังแสดงในรูปที่ 4.2 และรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.2 ชิ้นส่วนระนาบความเค้นแบบแปดจุด

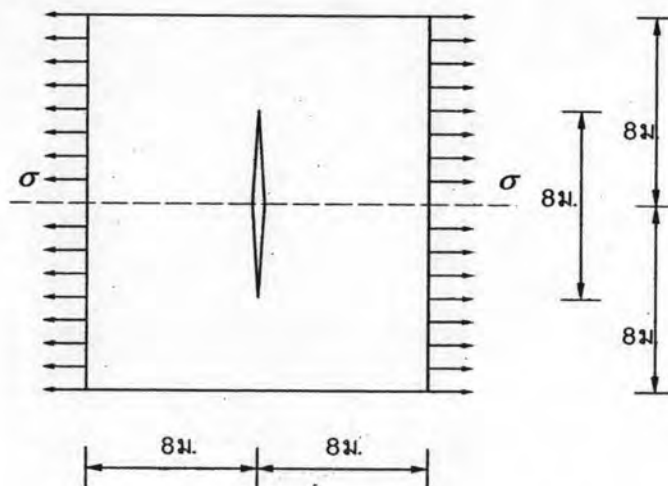


รูปที่ 4.3 ชิ้นส่วนระนาบความเค้นแบบหกจุด

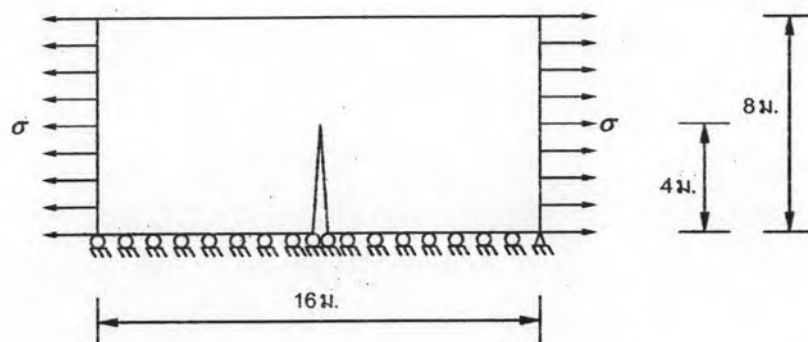
ผลของการเปลี่ยนตำแหน่งปลายของแผ่นระนาบจากโปรแกรมของชิ้นส่วนหกจุดที่จุดกึ่งกลางมีค่าเท่ากับมีการเคลื่อนที่ในแนวแกน  $x$  มีค่าเท่ากับ  $6.66667 \times 10^{-4}$  เมตร และมีค่าการเปลี่ยนตำแหน่งในแนวแกน  $y$  มีค่าเท่ากับ  $4.362 \times 10^{-18}$  เมตร ส่วนการค่าการเปลี่ยนตำแหน่งที่ปลายของแผ่นระนาบของชิ้นส่วนแปดจุด จะมีค่าการเปลี่ยนตำแหน่งที่ในแนวแกน  $x$  มีค่าเท่ากับ  $6.66667 \times 10^{-4}$  เมตร และมีค่าการเปลี่ยนตำแหน่งที่ในแนวแกน  $y$  มีค่าเท่ากับ  $8.600 \times 10^{-20}$  เมตร จากค่าการเปลี่ยนตำแหน่งที่แสดงตามที่กล่าวมานั้น จะเห็นได้ว่าค่าการเปลี่ยนตำแหน่งในแนวแกน  $x$  มีความถูกต้องร้อยละ 100 และในแนวแกน  $y$  มีค่าใกล้เคียงกับค่าถูกต้องแม่นยำเช่นเดียวกัน

#### 4.2 กรณีศึกษาที่ 2

กรณีศึกษาที่ 2 นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของชิ้นส่วนปลายรอยร้าวที่พัฒนาขึ้นใช้ในโปรแกรมเพื่อหาค่าตัวประกอบความเค้นเนื่องจากแรงเค้นดึง ซึ่งทำการเปรียบเทียบเทียบผลวิเคราะห์จากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น กับปัญหาชิ้นส่วนแผ่นระนาบที่มีรอยร้าวเริ่มต้นและมีผลเฉลยแม่นยำตรง โดยที่ปัญหาแผ่นระนาบมีคุณสมบัติค่าโมดูลัสยืดหยุ่นเท่ากับ  $200 \times 10^9$  นิวตัน/เมตร<sup>2</sup> อัตราส่วนปัวซองเท่ากับ 0.3 ความหนาเท่ากับ 1.0 เมตร ความกว้างเท่ากับ 8.0 เมตร ความยาวเท่ากับ 16.0 เมตร และมีรอยร้าวเริ่มต้นที่กึ่งกลางด้านในของแผ่นระนาบที่มีความยาวเท่ากับ 4.0 เมตร ดังแสดงในรูป 4.4 และให้แผ่นระนาบรับความเค้นขนาด  $1.0 \times 10^6$  นิวตัน/เมตร<sup>2</sup>



รูปที่ 4.4 แผ่นระนาบที่มีรอยร้าวเริ่มต้นตรงกลาง

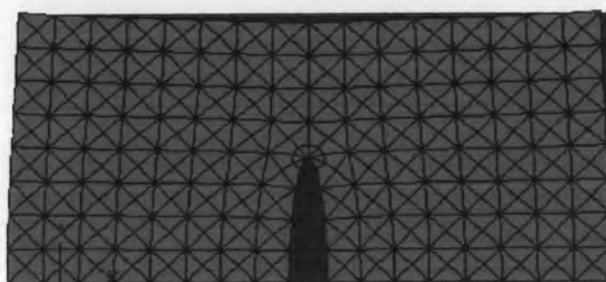


รูปที่ 4.5 แบบจำลองปัญหาของแผ่นระนาบที่มีรอยร้าวเริ่มต้นตรงกลาง

เมื่อทำการวิเคราะห์ปัญหาด้วยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น เพื่อหาค่าตัวประกอบความเข้มของความเค้นเนื่องจากความเค้นของระนาบ โดยผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น ขึ้นส่วนที่มีระดับขั้นเสรีที่แตกต่างกัน ซึ่งผลของการวิเคราะห์จากโปรแกรมในรูปแบบของกราฟฟิก ดังแสดงในรูป 4.6 เป็นรูปของขึ้นส่วนที่มีระดับขั้นเสรี (Degree of Freedom) เท่ากับ 4,806 ระดับขั้นเสรีและรูปที่ 4.7 แสดงการเสียรูปเนื่องจากความเค้น



รูปที่ 4.6 ขึ้นส่วนปัญหาของแผ่นระนาบที่มีรอยร้าวเริ่มต้นตรงกลาง

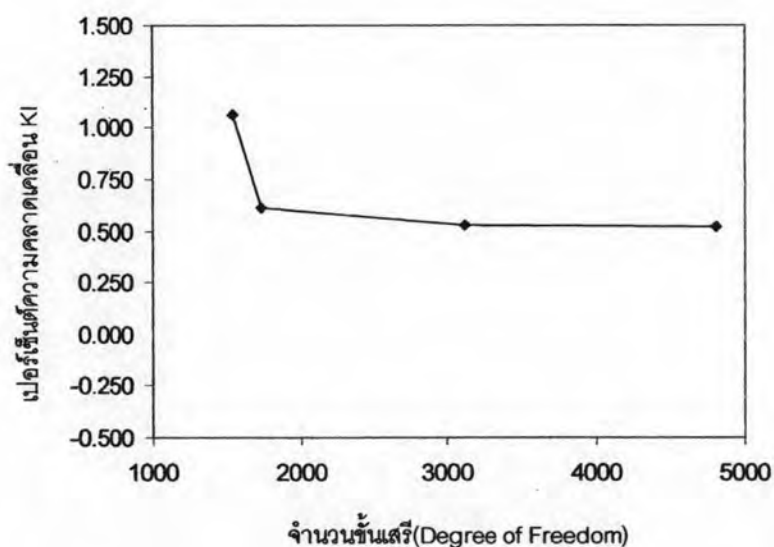


รูปที่ 4.7 รูปแบบการเสียรูปของปัญหาแผ่นระนาบ

ผลจากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นในระดับชั้นเสรีที่มีขนาดต่างๆ เพื่อหาค่าตัวประกอบความเข้มของความเค้นเนื่องจากแรงเค้นดึงดังแสดงในตารางที่ 4.1 และรูปแสดงที่ 4.8 ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนชั้นเสรีกับค่าความคลาดเคลื่อนของ KI

ตารางที่ 4.1 แสดงจำนวนชั้นเสรี ,ตัวประกอบความเข้มชั้นความเค้นและทิศทางการเติบโตรอยร้าว

จำนวนชิ้นส่วน	จำนวนชั้นเสรี	KI	KII	$\theta$	ความคลาดเคลื่อน KI
Exact	-	4.720	0	0	-
256	1542	4.770	2.04E-04	0.005	1.061
288	1734	4.749	2.86E-04	0.007	0.610
518	3114	4.745	2.70E-04	0.007	0.526
800	4806	4.744	3.45E-04	0.008	0.517



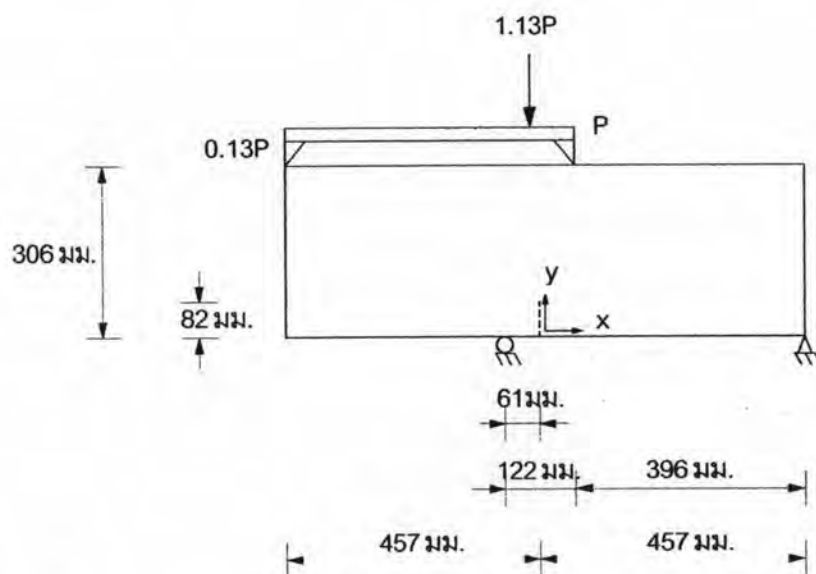
รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนชั้นเสรีกับค่าความคลาดเคลื่อนของ KI

จากผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมที่พัฒนาดังแสดงในตารางที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าที่ชิ้นส่วนที่มีระดับชั้นเสรี (Degree of Freedom) เท่ากับ 4,806 จะได้ค่าตัวประกอบความเข้มชั้นความเค้นเท่ากับ 4.744 และได้ค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับร้อยละ 0.517 เมื่อเทียบกับตัว

ประกอบความเข้มของความเค้นจากค่าความถูกต้องแม่นยำ และจากรูปที่ 4.8 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนชั้นเส้นลึกับค่าความคลาดเคลื่อนของ KI แสดงให้เห็นว่า เมื่อจำนวนระดับชั้นเส้นมีจำนวนมากหรือชั้นส่วนย่อยที่มีความละเอียดมากขึ้น ค่าความถูกต้องของตัวประกอบความเข้มของความเค้นจะเข้าสู่ค่าความถูกต้องแม่นยำมากขึ้นด้วย

### 4.3 กรณีศึกษาที่ 3

ตัวอย่างคานคอนกรีตของ Arrea และ Ingraffea(1982) เป็นตัวอย่างที่นิยมมากในเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นกับผลทดสอบในห้องปฏิบัติการ เพื่อตรวจสอบลักษณะการเติบโตของรอยร้าว โดยที่ชิ้นตัวอย่างของคานคอนกรีตที่ใช้ทดสอบจะไม่เหล็กเสริมรับแรงดึง และมีขนาดและรูปร่างดังที่แสดงในรูปที่ 4.9 มีความหนาเท่ากับ 152 มิลลิเมตร ลักษณะการทดสอบคานคอนกรีตเป็นแรงดัดแบบสี่จุดและมีรอยบากตรงกลางคานลึก 82 มิลลิเมตร คุณสมบัติวัสดุที่ใช้ในการทดสอบมีค่าดังนี้ ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นเท่ากับ  $24800 \times 10^6$  นิวตัน/เมตร<sup>2</sup> ความต้านทานแรงเค้นอัดประลัยเท่ากับ  $43.5 \times 10^6$  นิวตัน/เมตร<sup>2</sup> ความต้านทานแรงเค้นดึงเท่ากับ  $3.4 \times 10^6$  นิวตัน/เมตร<sup>2</sup> อัตราส่วนปริมาตรเท่ากับ 0.18 และค่าอัตราการผลิตปล่อยพลังงานวิกฤติเท่ากับ 110 นิวตัน/เมตร



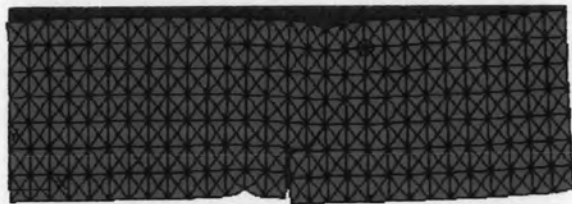
รูปที่ 4.9 รูปร่างและลักษณะของคานที่ใช้ทดสอบของ Arrea และ Ingraffea

และจากผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมเพื่อทำนายการเติบโตของรอยร้าว นั้น จะได้ลักษณะของการเติบโตของรอยร้าวดังแสดงในรูปที่ 4.10 และรูปที่ 4.11 และเมื่อนำลักษณะของการ

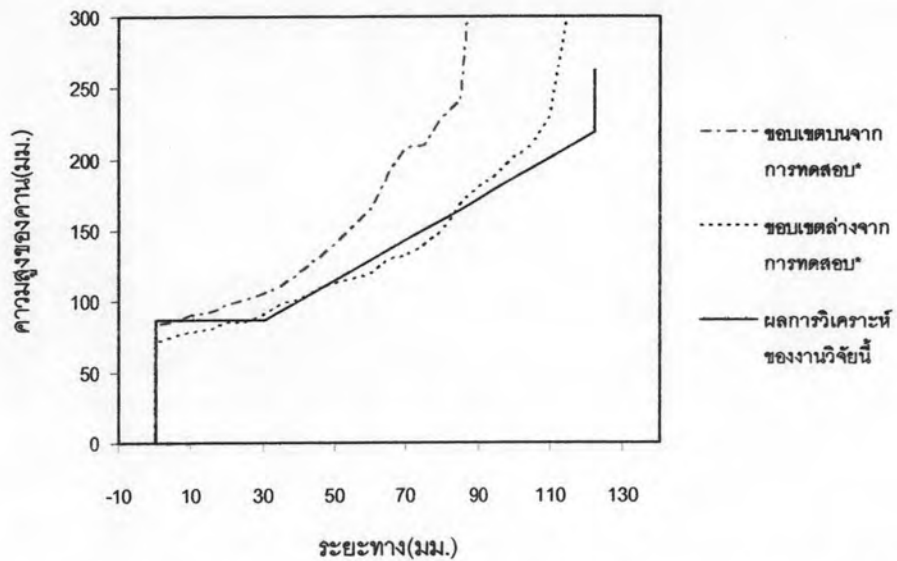
เติบโตการแตกร้าวไปเขียนกราฟเพื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลองของ Arrea และ Ingraffea ดังแสดงในรูปที่ 4.12 จะเห็นได้ว่าทิศทางการเติบโตรอยร้าวที่แสดงจากโปรแกรมนั้นจะมีแนวโน้มที่ใกล้เคียงกับผลการทดสอบ ถึงแม้ว่าในโปรแกรมที่ใช้นั้นไม่ได้ทำการสร้างชิ้นส่วนให้มีขนาดเล็กมากที่ปลายของรอยร้าว



รูปที่ 4.10 รูปร่างและแรงกระทำของคานที่ใช้วิเคราะห์ด้วยโปรแกรม



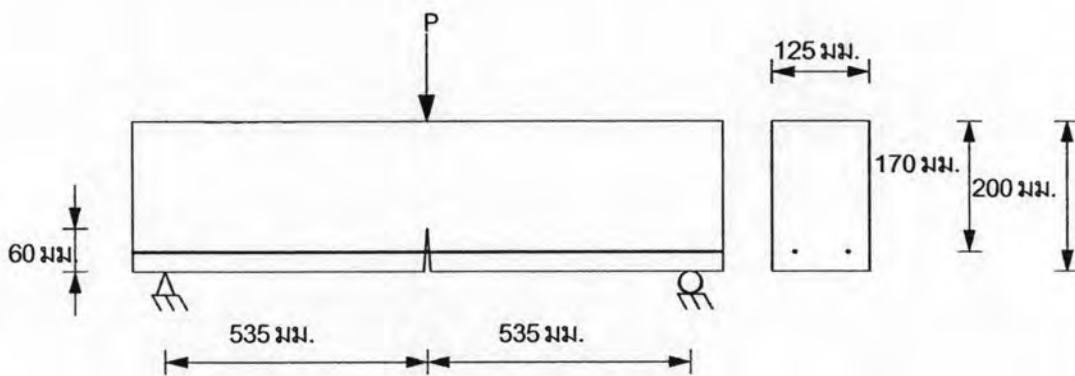
รูปที่ 4.11 รูปร่างและลักษณะทิศทางการร้าวของคานที่ได้จากวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม



รูปที่ 4.12 ลักษณะการเติบโตของรอยร้าวในคานคอนกรีต (\* ผลการทดสอบของ Arrea และ Ingraffea(1982) )

#### 4.4 กรณีศึกษาที่ 4

ในกรณีศึกษาที่ 4 มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบแบบจำลองของพฤติกรรมแรงยึดเหนี่ยวที่เสนอ โดยเปรียบเทียบผลวิเคราะห์จากโปรแกรมกับผลการทดสอบคานคอนกรีตเสริมเหล็กของ M.V.K.V. Prasad และ C.S. Krishnamoorthy ซึ่งได้ทำการทดสอบคานคอนกรีตเสริมเหล็กแบบแรงดัดสามจุดซึ่งเป็นคานคอนกรีตเสริมเหล็กเฉพาะรับแรงดิ่ง และมีรอยบากอยู่ที่กึ่งกลางคาน โดยที่คานมีค่าความยืดหยุ่นเท่ากับ  $29270 \times 10^6$  นิวตัน/เมตร<sup>2</sup> ความต้านทานกำลังอัดประลัยเท่ากับ  $30.1 \times 10^6$  นิวตัน/เมตร<sup>2</sup> ความต้านทานกำลังการดึงเท่ากับ  $4.11 \times 10^6$  นิวตัน/เมตร<sup>2</sup> อัตราส่วนปัวซองเท่ากับ 0.18 และค่าอัตราการปลดปล่อยพลังงานความเครียดวิกฤติเท่ากับ 100 นิวตัน/เมตร เหล็กเสริมมีโมดูลัสยืดหยุ่นเท่ากับ  $200 \times 10^9$  นิวตัน/เมตร<sup>2</sup>



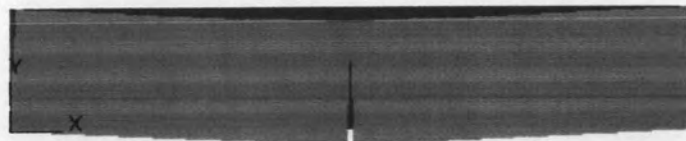
รูปที่ 4.13 รูปร่างและลักษณะของคานที่ใช้ทดสอบโดย M.V.K.V. Prasad และ C.S. Krishnamoorthy

ผลจากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับผลของการทดสอบของ M.V.K.V. Prasad และ C.S. Krishnamoorthy โดยที่รูปร่างของลักษณะคานที่ทดสอบจากโปรแกรมดังแสดงในรูปที่ 4.14 และรูปที่ 4.15 เป็นการแสดงรูปร่างการเสียรูปและลักษณะการเติบโตของรอยร้าวที่เกิดขึ้นจากน้ำหนักบรรทุกที่กระทำ เมื่อนำน้ำหนักบรรทุกที่กระทำและการเคลื่อนที่ในแนวตั้งมาเขียนกราฟความสัมพันธ์เปรียบเทียบกับผลการทดสอบนั้นจะเห็นได้ว่า ผลจากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมมีความใกล้เคียงกับผลทดสอบ และมีทิศทางเดียวกันดังแสดงในรูปที่ 4.16 โดยเกิดการวิบัติเนื่องจากเหล็กเสริมรับแรงดึงจนถึงค่าที่ยอมให้

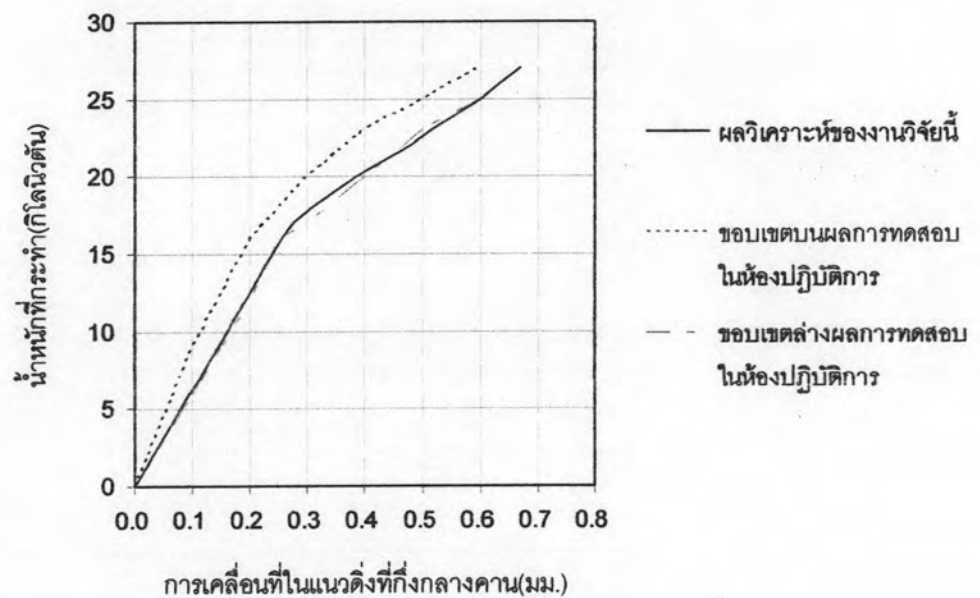




รูปที่ 4.14 รูปร่างและแรงกระทำของคานที่ใช้วิเคราะห์ด้วยโปรแกรม



รูปที่ 4.15 รูปร่างและลักษณะทิศทางรอยร้าวของคานที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม

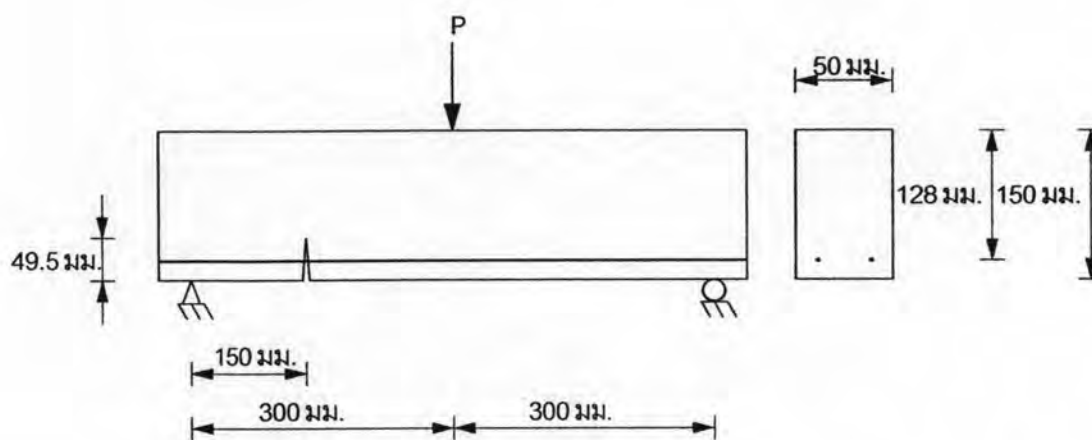


รูปที่ 4.16 ความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนที่ในแนวตั้งกับน้ำหนักบรรทุกที่กระทำ

#### 4.5 กรณีศึกษาที่ 5

ในกรณีศึกษานี้เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองของพฤติกรรมแรงยึดเหนี่ยวที่เสนอและลักษณะการเติบโตของรอยร้าว ซึ่งจะเปรียบเทียบผลที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมนี้ได้กับผลของการทดสอบในห้องปฏิบัติการของ Jacinto R. Carmona, Gonzalo Ruiz ,

Javier R. del Viso(2007) โดยที่คานาที่ใช้ในการทดสอบจะมีลักษณะและขนาดดังรูปที่แสดง 4.17 และมีขนาดของรอยบากเท่ากับ 4.95 มิลลิเมตร รอยบากของคานาคอนกรีตเสริมเหล็กจะมีระยะจากจุดรองรับเท่ากับระยะ 150 มิลลิเมตร มีแรงกระทำที่ตำแหน่งกึ่งกลางคาน และมีเหล็กเสริมรับแรงดึงร้อยละ  $\rho = 0.065$  คานามีค่าโมดูลัสยืดหยุ่นเท่ากับ  $28.3 \times 10^9$  นิวตัน/เมตร<sup>2</sup> ความต้านทานกำลังอัดประลัยเท่ากับ  $36.1 \times 10^6$  นิวตัน/เมตร<sup>2</sup> ความต้านทานกำลังการดึงเท่ากับ  $3.8 \times 10^6$  นิวตัน/เมตร<sup>2</sup> อัตราส่วนปริมาตรเท่ากับ 0.18 และค่าอัตราการปลดปล่อยพลังงานวิกฤติเท่ากับ 43.4 นิวตัน/เมตร เหล็กเสริมมีโมดูลัสยืดหยุ่นเท่ากับ  $174 \times 10^9$  นิวตัน/เมตร<sup>2</sup>



รูปที่ 4.17 รูปร่างและลักษณะของคานาที่ใช้ทดสอบโดย Jacinto R. Carmona, Gonzalo Ruiz , Javier R. del Viso

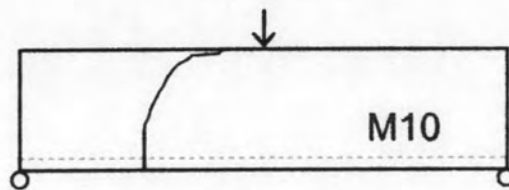
และจากผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมดังแสดงในรูปที่ 4.18 จะแสดงรูปร่างและแรงกระทำของคานาที่ใช้วิเคราะห์ด้วยโปรแกรม และรูปที่ 4.19 แสดงรูปร่างและลักษณะทิศทางรอยร้าวของคานาที่ได้จากผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม ซึ่งเป็นการแสดงแนวโน้มของการเติบโตของรอยร้าวที่เกิดขึ้นโดยที่ใช้อัตราส่วนในการขยายมาตราส่วนเท่ากับ 50 เท่า เพื่อแสดงให้เห็นแนวของรอยร้าวได้อย่างชัดเจนมากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบจากผลที่ได้การวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมกับรูปที่ 4.20 ซึ่งเป็นภาพสเก็ทแนวโน้มของรอยร้าวจากผลของการทดสอบในห้องปฏิบัติการ จะเห็นว่าแนวโน้มของรอยร้าวมีลักษณะที่ไปในทิศทางเดียวกัน และจากผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น เมื่อนำค่าระหว่างน้ำหนักบรรทุกที่ทำและการเคลื่อนที่ในแนวดิ่งมาเขียนกราฟความสัมพันธ์ดังแสดงในรูปที่ 4.21 จะเห็นได้ว่าค่าที่ได้มีความใกล้เคียงกับผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการ แต่กราฟที่นำมาใช้เปรียบเทียบจะเป็นในช่วงที่มีความยืดหยุ่นเชิงเส้น โดยการวิบัติเกิดเนื่องจากเหล็กเสริมรับแรงดึงจนถึงค่าที่ยอมให้



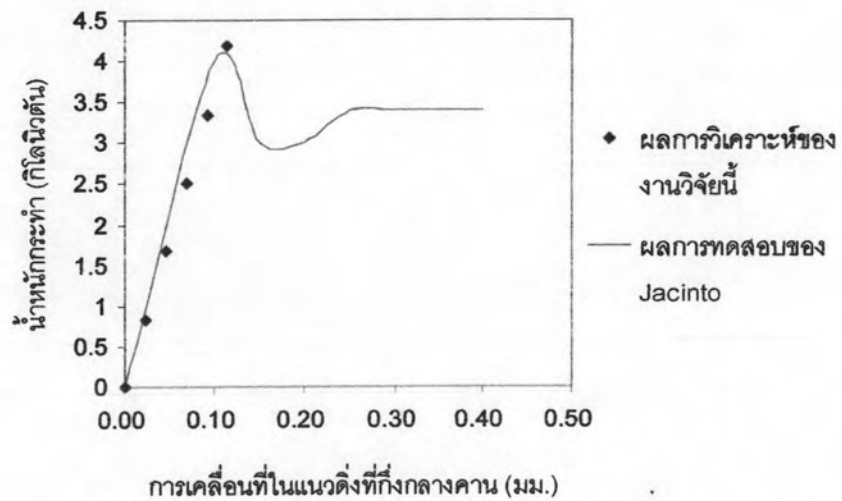
รูปที่ 4.18 รูปร่างและแรงกระทำของคานที่ใช้วิเคราะห์ด้วยโปรแกรม



รูปที่ 4.19 รูปร่างและลักษณะทิศทางรอยร้าวของคานที่ได้จากวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม



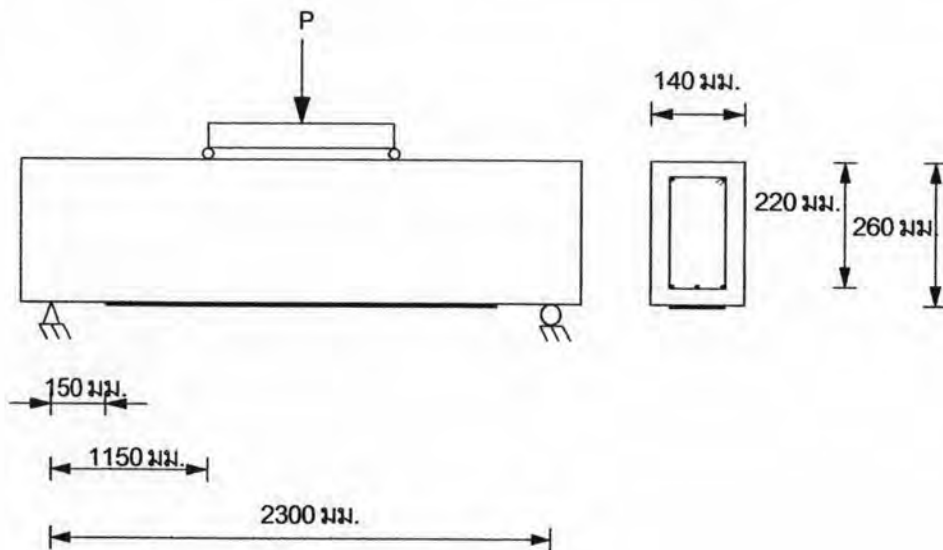
รูปที่ 4.20 ลักษณะของรอยร้าวจากคานที่ใช้ทดสอบโดย Jacinto R. Carmona, Gonzalo Ruiz ,  
Javier R. del Viso(2007)



รูปที่ 4.21 ความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนที่ในแนวดิ่งกับน้ำหนักบรรทุกทุกที่กระทำ

#### 4.6 กรณีศึกษาที่ 6

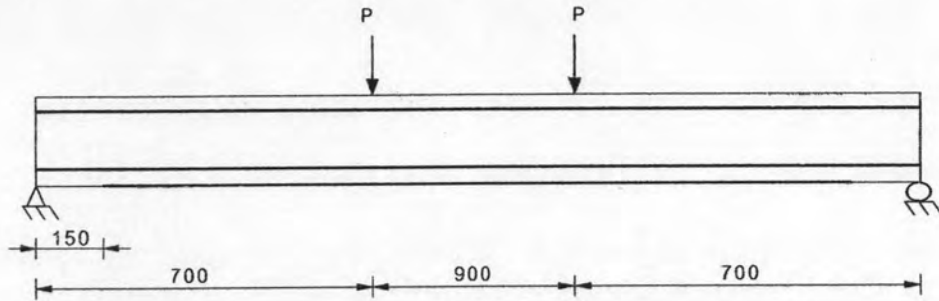
กรณีศึกษาสุดท้าย เป็นกรณีศึกษาพฤติกรรมของคานคอนกรีตเสริมเหล็กที่เสริมกำลังด้วยแผ่นคาร์บอนไฟเบอร์ โดยทำการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมกับผลการทดลองในห้องปฏิบัติการของ Huy pham และ Riadh Al-Mahaidi(2004) ซึ่งได้ทำการทดลองคานคอนกรีตเสริมเหล็กที่เสริมกำลังด้วยแผ่นคาร์บอนไฟเบอร์ ซึ่งมีขนาดดังแสดงในรูปที่ 4.22 คุณสมบัติของคอนกรีตมีโมดูลัสยืดหยุ่นเท่ากับ  $34441 \times 10^6$  นิวตัน/เมตร<sup>2</sup> รับกำลังอัดประลัยได้  $53.7 \times 10^6$  นิวตัน/เมตร<sup>2</sup> และรับแรงดึงได้  $3.11 \times 10^6$  นิวตัน/เมตร<sup>2</sup> อัตราส่วนบัวค์ของเท่ากับ 0.20 คุณสมบัติของเหล็กเสริมมีโมดูลัสยืดหยุ่นเท่ากับ  $204000 \times 10^6$  นิวตัน/เมตร<sup>2</sup> และสามารถรับแรงเค้นดึงที่ยอมให้เท่ากับ  $344 \times 10^6$  นิวตัน/เมตร<sup>2</sup> คุณสมบัติของแผ่นคาร์บอนไฟเบอร์มีโมดูลัสยืดหยุ่นเท่ากับ  $213500 \times 10^6$  นิวตัน/เมตร<sup>2</sup> และรับแรงเค้นดึงประลัยเท่ากับ  $3900 \times 10^6$  นิวตัน/เมตร<sup>2</sup> มีปริมาณเหล็กเสริมรับแรงดึงเท่ากับ  $3 \times 1.2$  มิลลิเมตร และเหล็กเสริมรับแรงอัดเท่ากับ  $2 \times 1.2$  มิลลิเมตร



รูปที่ 4.22 รูปร่างและลักษณะของคานที่ใช้ทดสอบโดย Huy Pham และ Riadh Al-Mahaidi

การจำลองปัญหาคานคอนกรีตเสริมเหล็กที่เสริมกำลังด้วยแผ่นคาร์บอนไฟเบอร์ นั้นได้ทำการจำลองปัญหาดังรูปที่แสดงที่ 4.23 ซึ่งแสดงแบบจำลองชิ้นส่วน น้ำหนักที่กระทำ และ จุดรองรับของปัญหา โดยที่การวิเคราะห์ปัญหานั้นไม่ได้จำลองเหล็กเสริมรับแรงเฉือน รูปที่แสดง 4.24 รูปร่างและแรงกระทำของคานที่ใช้ทดสอบจากโปรแกรม และรูปที่แสดง 4.25 เป็นการแสดง

การเสียรูปของคานคอนกรีตเสริมเหล็กที่เสริมกำลังด้วยแผ่นคาร์บอนไฟเบอร์ ซึ่งจะแสดงให้เห็นถึงแนวโน้มของรอยร้าวที่เกิดขึ้นเนื่องจากน้ำหนักที่กระทำ และรูปที่ 4.26 เป็นรูปการวิบัติจากการทดสอบของ Huy Pham, Riadh Al-Mahaidi และจากรูปที่ 4.27 ซึ่งเป็นการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนที่ในแนวดิ่งที่กึ่งกลางคานกับน้ำหนักบรรทุก



รูปที่ 4.23 แบบจำลองปัญหาของคานที่ใช้วิเคราะห์ด้วยโปรแกรม



รูปที่ 4.24 รูปร่างและแรงกระทำของคานที่ใช้วิเคราะห์ด้วยโปรแกรม

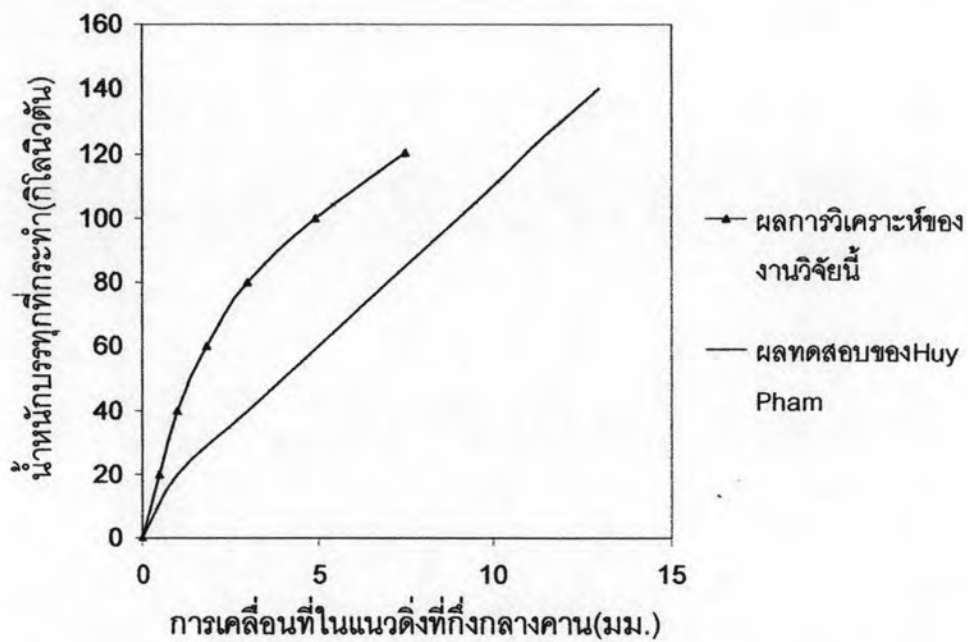


รูปที่ 4.25 รูปร่างและลักษณะทิศทางรอยร้าวของคานที่ได้จากวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม



รูปที่ 4.26 รูปร่างและลักษณะทิศทางรอยร้าวของคาน Huy Pham, Riadh Al-Mahaidi(2004)

จากกราฟจะแสดงให้เห็นถึงแนวโน้มผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมที่มีจำนวนขั้นเสรีเท่ากับ 3790 ดีกรี เปรียบเทียบผลทดสอบในห้องปฏิบัติการของ Huy Pham และ Riadh Al-Mahaidi จะเห็นว่าค่าที่ได้จากผลวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น พบว่าค่าที่ได้จะสูงกว่าจากการทดสอบในห้องปฏิบัติการแต่มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันกับผลการทดลอง และน้ำหนักบรรทุกที่รับได้มีค่าน้อยกว่าผลการทดสอบ จากงานวิจัยนี้พบว่าการวิบัติเกิดเนื่องจากแรงอัดในคอนกรีต



รูปที่ 4.27 ความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนที่ในแนวตั้งกับน้ำหนักบรรทุกที่กระทำ