

## รายการอ้างอิง

- Aboutaha, R. S., Engelhardt, M. D., Jirsa, J. O., and Kreger, M. E. 1999. Rehabilitation of Shear Critical Concrete Columns by Use of Rectangular Steel Jackets. *ACI Structural Journal* vol.96 No.1: 68-78.
- Alcocer, S. M., and Jirsa, J. O. 1990. Assessment of the Response of Reinforced Concrete Frame Connections Redesigned by Jacketing. *Proceedings of Fourth U.S. National Conference on Earthquake Engineering* vol.3 : 295-304. California
- Altin, S., Ersoy, U., and Tankut, T. 1992. Hysteretic Response of Reinforced-Concrete Infilled Frames. *Journal of Structural Engineering, ASCE* vol.118 No.8, Aug : 2133-2151
- Aycardi, L. E., Mander, J. B., and Reinhorn, A. M. 1994. Seismic Resistance of Reinforced Concrete Frame Structures Designed Only for Gravity Loads: Experimental performance of subassemblages. *ACI Structural Journal* vol.91 No.5: 552-563.
- Beres, A. 1994. *Experimental and Analytical Study of the Performance of Reinforced Concrete Frames with Non-ductile Details*. Doctoral Dissertation Graduate School Cornell University .
- Beres, A., White, R.N. and Gergely, P. 1992. Seismic Behavior of Reinforced Concrete Frame Structures with Nonductile Details: Part I – Summary of Experimental Findings of Full Scale Beam-Column Joint . *Technical Report NCEER-92-0024*. State University of New York at Buffalo.
- Bracci, J. M., Reinhorn, A. M. and Mander, J. B. 1995. Seismic resistance of reinforced concrete frame structures designed for gravity loads: Performance of structural system. *ACI Structural Journal* vol.92 No.5: 597-609.
- Chopra, A. K. 1995. *Dynamics of Structures: Theory and Applications to Earthquake Engineering*. New Jersey: Prentice-Hall.
- Chung, Y. S., Meyer, C, and Shinozuka, M. 1989. Modeling of Concrete Damage. *ACI Structural Journal* vol.86 No.3: 259-271.

- El-Attar, A. G., White, R. N., and Gergely, P. 1997. Behavior of Gravity Load Designed Reinforced Concrete Buildings Subjected to Earthquakes. *ACI Structural Journal* vol.94 No.2: 133-145.
- El-Attar, A. G., White, R. N., Gergely, P., and Conley, C. 1990. Shake Table Test of a 1/6 Scale 2-Story Lightly Reinforced Concrete Building. *Proceedings of Fourth U.S. National Conference on Earthquake Engineering*, vol.2: 767-776. California.
- Ghobarah, A., Aziz, T. S., and Biddah, A. 1997. Rehabilitation of Reinforced Concrete Frame Connections Using Corrugated Steel Jacketing. *ACI Structural Journal* vol.4 No.3: 283-294.
- Gupta, B., Kunnath, S. and Islam, S. 1997. Application of Nonlinear Analysis in Seismic Evaluation of an Existing Nonductile Concrete Building. In L. Kempner, Jr and C.B. Brown(eds.), *Building to Last: Proceeding of Structures Congress XV* vol 2: 1022-1026.
- Hayashi, Y., Niwa, H., and Fukuhara, M. The Strengthening Methods of the Existing Reinforced Concrete Buildings, *Proceedings, 7th World Conference on Earthquake Engineering (Istanbul, 1980)*, vol.4: 89-96.
- Kent, D. C. and Park, R. 1971. Flexural Members with Confined Concrete. *Journal of the Structural Division, ASCE* vol.97 No. ST7: 1969-1990.
- Kunnath, S. K., Hoffmann, G., Reinhorn, A. M., and Mander, J. B. 1995a. Gravity-Load-Designed Reinforced Concrete Buildings Part I: Seismic Evaluation of Existing Construction. *ACI Structural Journal* vol.92 No.3: 343-354.
- Kunnath, S. K., Hoffmann, G., Reinhorn, A. M., and Mander, J. B. 1995b. Gravity-Load-Designed Reinforced Concrete Buildings Part II: Evaluation of Detailing Enhancements. *ACI Structural Journal* vol.92 No.4: 470-478.
- Lynn, A. C., Moehle, J. P., Mahin, S. A., and Holmes, W. T. 1996. Seismic Evaluation of Existing Reinforced Concrete Building Columns. *Earthquake Spectra* vol.12 No.4: 715-739.
- Ozcebe, G., and Saatcioglu, M. 1987., July-August. Confinement of Concrete Columns for Seismic Loading. *ACI Structural Journal*, 308-315.
- Park, R., and Paulay, T. 1975. *Reinforced Concrete Structures*. New York: J. Wiley & Sons.

- Park, Y.-J., and Ang, A. H.-S. Mechanistic Seismic Damage Model for Reinforced Concrete. *Journal of Structural Engineering, ASCE* vol.111 No.4: 722-739
- Park, Y.-J., Ang, A. H.-S., and Wen, Y. K. Seismic Damage Analysis of Reinforced Concrete Buildings. *Journal of Structural Engineering, ASCE* vol.111 No.4: 740-757.
- Penelis, G. G., and Kappos, A. J. 1997. *Earthquake-Resistant Concrete Structures*. 1st ed. London: Chapman & Hall.
- Pessiki, S. P., Conley, C., White, R. N., and Gergely, P. 1990. Seismic Behavior of the Beam-Column Connection Region in Lightly-Reinforced Concrete Frame Structures. *Proceedings of Fourth U.S. National Conference on Earthquake Engineering*, vol.2: 707-716. California.
- Priestley, M.J.N., Seible, F., Xio, Y., and Verma, R. 1994 Steel Jacket Retrofitting of Reinforced Concrete Bridge Columns for Enhanced Shear Strength-Part 1: Theoretical Considerations and Test Design. *ACI Structural Journal* vol.9 No.4: 394-405.
- Priestley, M.J.N., Seible, F., Xio, Y., and Verma, R. 1994 Steel Jacket Retrofitting of Reinforced Concrete Bridge Columns for Enhanced Shear Strength-Part 2: Test Results and Comparison with Theory. *ACI Structural Journal* vol.9 No.5: 537-551
- Reinhorn, A. M., Mander, J. B., Bracci, J., and Kunnath, S. K. 1990 A Post-Earthquake Damage Evaluation Strategy for R/C Buildings. *Proceedings of Fourth U.S. National Conference on Earthquake Engineering*, vol.2: 1047-1056, California.
- Rodriguez, M., and Park, R. 1994. Seismic Load Tests on Reinforced Concrete Columns Strengthened by Jacketing. *ACI Structural Journal* vol.91 No.2: 150-159.
- Sheikh, S. A., and Uzumeri, S. M. 1982. Analytical Model for Concrete Confinement in Tied Columns. *Journal of the Structural Division, ASCE* vol.108 No. ST12: 2703-2722.
- Sheikh, S. A., and Yeh, C. C. 1990. Tied Concrete Columns under Axial Load and Flexure. *Journal of Structural Engineering, ASCE* vol.116 No.10: 2780-2800.

- Sheikh, S. A., and Yeh, C. C. 1992. Analytical Moment-Curvature Relations for Tied Concrete Columns. *Journal of Structural Engineering, ASCE* vol.118 No.2: 529-544.
- Sugano, S., and Fujimura, M. Aseismic Strengthening of Existing Reinforced Concrete Buildings, *Proceedings, 7 th World Conference on Earthquake Engineering (Istanbul, 1980)*, vol.4: 449-456.
- Valles, R. E., Reinhorn, A. M., Kunnath, S. K., Li, C., and Madan, A. 1996. IDARC2D Version 4.0: A Computer Program for the Inelastic Damage Analysis of Buildings. Report No. NCEER-96-0010, National Center for Earthquake Engineering Research, State University of New York at Buffalo.
- Wu, S. 1995. *Seismic Analysis and Retrofit of Nonductile Reinforced Concrete Frame Buildings*. Doctoral dissertation, Department of Civil and Environmental Engineering, Lehigh University.

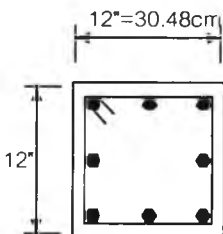
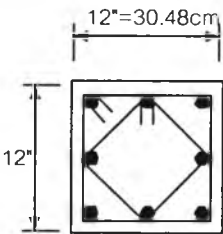
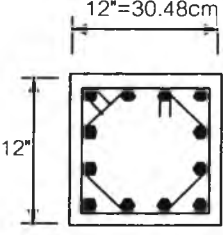
ภาคผนวก

## ภาคผนวก ก

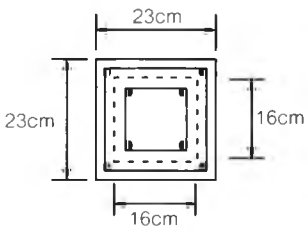
## การเปรียบเทียบผลการคำนวณความสัมพันธ์โมเมนต์และความโค้งของหน้าตัด

ในการวิจัยครั้งนี้ ได้มีการพัฒนาโปรแกรมเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนต์และความโค้งของหน้าตัดเสาคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีแบ่งหน้าตัดออกเป็นส่วยย่อย (Fiber model) โดยใช้แบบจำลองคอนกรีตภายในเหล็กปลอกของ Sheikh และ Yeh (1992) แบบจำลองคอนกรีตภายนอกเหล็กปลอกของ Kent และ Park(1971) และแบบจำลองเหล็กเสริมของ Park และ Sampson(1972) จึงได้มีการเปรียบเทียบผลการคำนวณความสัมพันธ์ดังกล่าวกับการทดลองของ Sheikh และ Yeh(1990) สำหรับเสาปกติ และการทดลองของ Ersoy และคณะ (1993) สำหรับเสาที่ห่อหุ้มด้วยคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยหน้าตัดตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ ก1.

ตารางที่ ก1. หน้าตัดที่ใช้ในการเปรียบเทียบความสัมพันธ์โมเมนต์และความโค้งของเสา

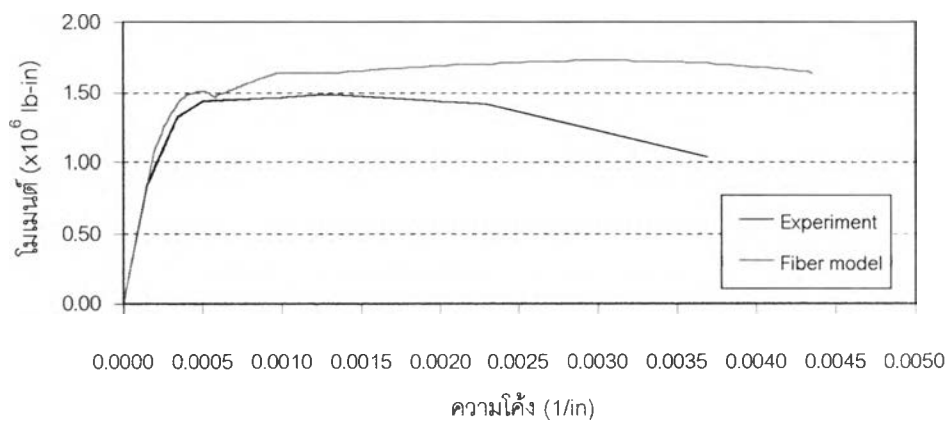
ตัวอย่าง	ลักษณะหน้าตัด	รายละเอียดหน้าตัด
1. E2		$f'_c = 320 \text{ ksc}, f_y = 5270 \text{ ksc}, f_{yh} = 4931 \text{ ksc}$ $8\phi 19 \text{ mm}, s = 4.5" = 11.43 \text{ cm}$ $\rho_s = 1.69\%, P / f'_c A_g = 0.61$
2. A3		$f'_c = 324 \text{ ksc}, f_y = 5002 \text{ ksc}, f_{yh} = 5270 \text{ ksc}$ $8\phi 19 \text{ mm}, s = 4.25" = 10.80 \text{ cm}$ $\rho_s = 1.68\%, P / f'_c A_g = 0.61$
3. D14		$f'_c = 274 \text{ ksc}, f_y = 4452 \text{ ksc}, f_{yh} = 4720 \text{ ksc}$ $12\phi 16 \text{ mm}, s = 4.25" = 10.80 \text{ cm}$ $\rho_s = 0.81\%, P / f'_c A_g = 0.75$

ตารางที่ ก1.(ต่อ) หน้าตัดที่ใช้ในการเปรียบเทียบความสัมพันธ์โมเมนต์และความโค้งของเสา

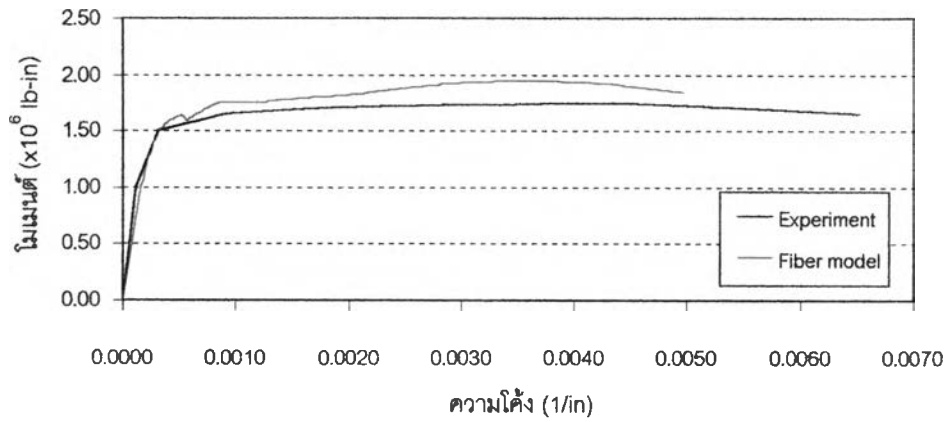
ตัวอย่าง	ลักษณะหน้าตัด	รายละเอียดหน้าตัด
4. RBM		$f'_c = 337 \text{ ksc}$ , $f'_{cj} = 312 \text{ ksc}$ , $f_y = f_{yj} = 3058 \text{ ksc}$ , $f_{yh} = 2650 \text{ ksc}$ $8\phi 12 \text{ mm}$ , $P = 500 \text{ kN}$ $4\text{mm}@10\text{cm}$ in the basic column $8\text{mm}@10\text{cm}$ in the jacket

หมายเหตุ:  $\rho_s$  คืออัตราส่วนระหว่างปริมาตรของเหล็กเสริมตามขวางต่อแกนคอนกรีต,  $s$  เป็นระยะห่างระหว่างเหล็กเสริมตามขวาง,  $P$  เป็นแรงตามแนวแกนที่กระทำต่อหน้าตัด,  $f'_c$  เป็นกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต,  $f'_{cj}$  เป็นกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตส่วนห่อหุ้ม,  $f_y$  เป็นกำลังรับแรงดึงครากของเหล็กเสริมตามยาว,  $f_{yj}$  เป็นกำลังรับแรงดึงครากของเหล็กเสริมตามยาวในส่วนห่อหุ้ม,  $f_{yh}$  เป็นกำลังรับแรงดึงครากของเหล็กเสริมตามขวาง, และ  $A_g$  เป็นพื้นที่ทั้งหมดของหน้าตัดคอนกรีต

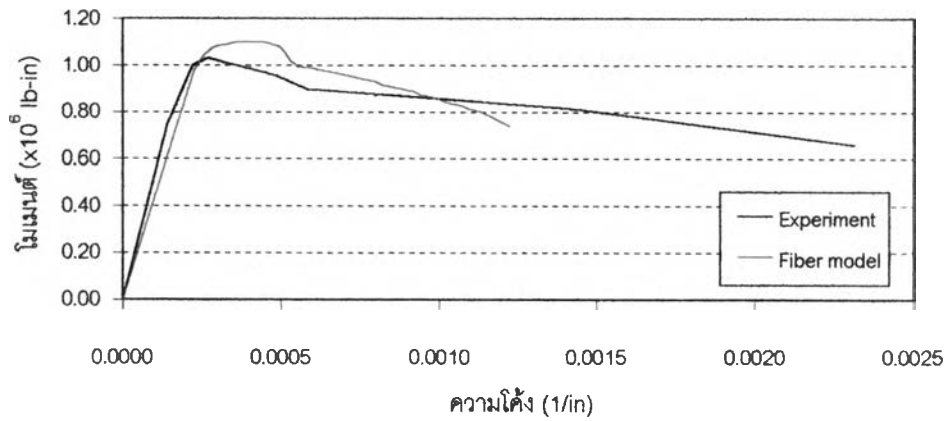
จากผลการวิเคราะห์หน้าตัดตัวอย่างดังกล่าว ความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนต์และความโค้งแสดงดังรูปที่ ก1., ก2., ก3. และ ก4. ซึ่งพบว่าได้ความสัมพันธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์มีค่าใกล้เคียงกับผลที่ได้จากการทดลองในระดับหนึ่ง



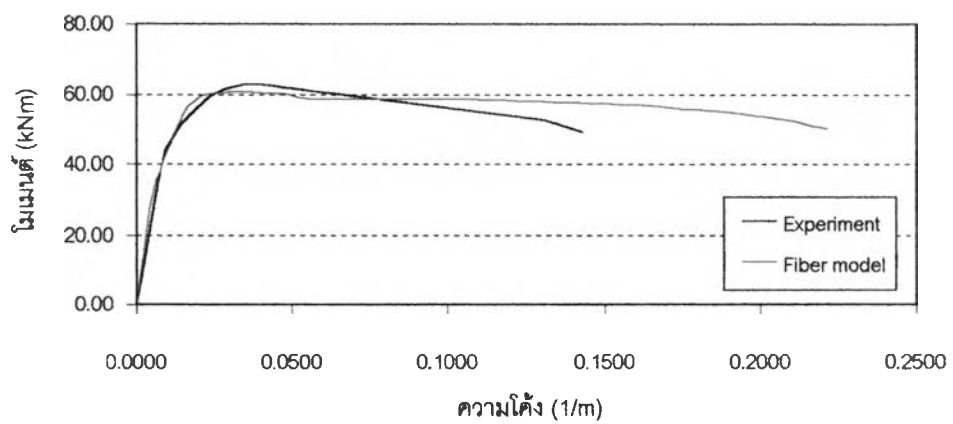
รูปที่ ก1. ความสัมพันธ์โมเมนต์และความโค้งในหน้าตัดตัวอย่างที่ 1



รูปที่ ก2. ความสัมพันธ์โมเมนต์และความโค้งของหน้าตัดตัวอย่างที่ 2



รูปที่ ก3. ความสัมพันธ์โมเมนต์และความโค้งของหน้าตัดตัวอย่างที่ 3



รูปที่ ก4. ความสัมพันธ์โมเมนต์และความโค้งของหน้าตัดตัวอย่างที่ 4

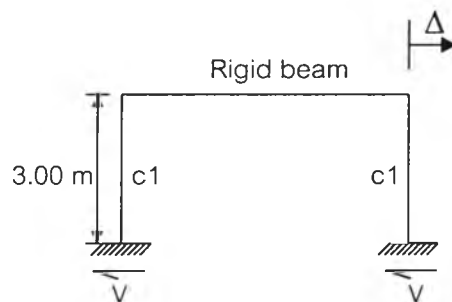


## ภาคผนวก ข

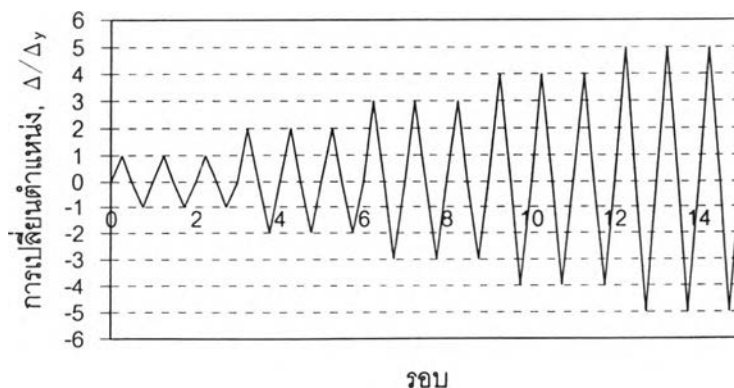
### พฤติกรรมของชิ้นส่วนอาคารเมื่อใช้พารามิเตอร์ฮีสเทอเรติกต่างๆ กัน

พารามิเตอร์ฮีสเทอเรติกซึ่งใช้ควบคุมพฤติกรรมของชิ้นส่วนต่างๆ ของอาคารภายใต้แรงกระทำสลับทิศ มีความจำเป็นสำหรับการศึกษาค้างนี้ อย่างไรก็ตาม จากข้อมูลในอดีตพบว่าค่าพารามิเตอร์เหล่านี้จะขึ้นกับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ปริมาณเหล็กเสริม รายละเอียดการเสริมเหล็ก รายละเอียดการก่อสร้าง เป็นต้น ทำให้การกำหนดค่าพารามิเตอร์จากการวิเคราะห์ทำได้ยาก ในทางปฏิบัติจะใช้ผลจากการทดสอบแทน และเนื่องจากประเทศไทยยังขาดข้อมูลดังกล่าว ดังนั้นจึงได้พิจารณาอ้างอิงค่าดังกล่าวจากงานวิจัยในต่างประเทศ ดังแสดงในตารางที่ 3.1 ซึ่งค่าต่างๆ ได้จากการทดสอบชิ้นส่วน และมีการนำไปใช้ในการศึกษาโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กโดยใช้โปรแกรมและเปรียบเทียบกับ การทดสอบอาคารจำลอง ซึ่งให้ผลที่ใกล้เคียงกัน

เพื่อให้เห็นถึงผลของการใช้พารามิเตอร์สำหรับชิ้นส่วนต่างๆ กัน จะทำการจำลองโครงสร้างเป็นโครงข้อแข็ง 1 ชั้น ดังรูปที่ ข1. คุณสมบัติของเสาแสดงดังตารางที่ ข1. โดยที่คานมีสติฟเนสและกำลังมากกว่าเสามาก ทำการวิเคราะห์โครงข้อแข็งดังกล่าวด้วยโปรแกรม IDARC ภายใต้แรงกระทำสลับโดยควบคุมการเปลี่ยนตำแหน่งของชั้นที่ 1 ( $\Delta$ ) ให้เพิ่มขึ้นเป็นอัตราส่วนกับการเปลี่ยนตำแหน่งคราก ( $\Delta_y$ ) ดังรูปที่ ข2. และแทนพารามิเตอร์ฮีสเทอเรติกสำหรับชิ้นส่วนต่างๆ ลงในชิ้นส่วนเสาของโครงข้อแข็ง



รูปที่ ข1. ลักษณะของโครงข้อแข็งจำลอง

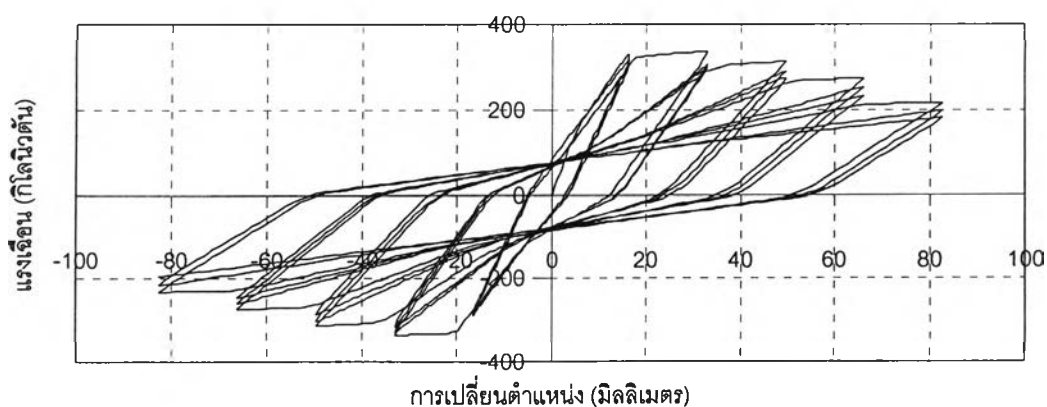


รูปที่ ข2. รูปแบบการให้แรงกระทำโดยควบคุมการเปลี่ยนตำแหน่งของชั้นที่ 1

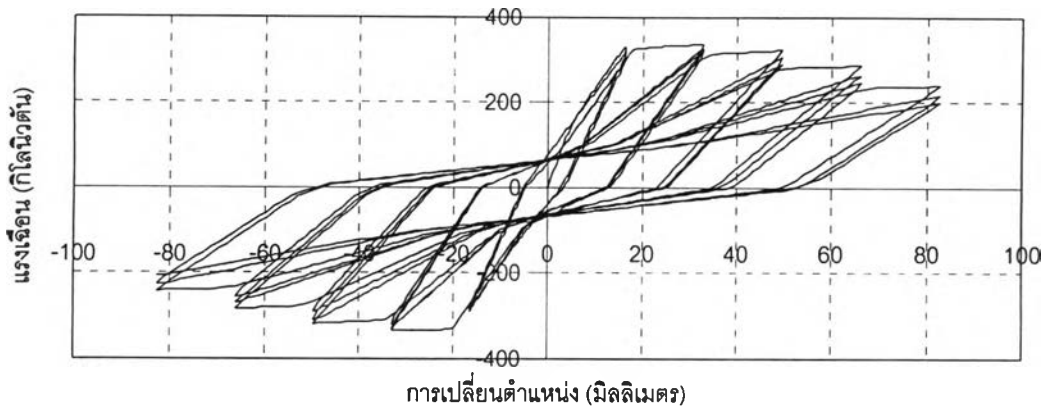
ตารางที่ ข1. คุณสมบัติของเสาของโครงข้อแข็งจำลอง

คุณสมบัติของหน้าตัด	เสา C1
$EI$ (kN.mm <sup>2</sup> )	$6.93 \times 10^{10}$
$GA$ (kN)	$1.52 \times 10^6$
$EA/L$ (kN/mm)	$1.85 \times 10^3$
$M_{cr}$ (kN.mm)	$1.78 \times 10^4$
$M_y$ (kN.mm)	$4.96 \times 10^5$
$\phi_y$ (rad/mm)	$1.48 \times 10^{-5}$
$\phi_u$ (rad/mm)	$1.01 \times 10^{-4}$
$EI3$ (kN.mm <sup>2</sup> )	$4.24 \times 10^8$

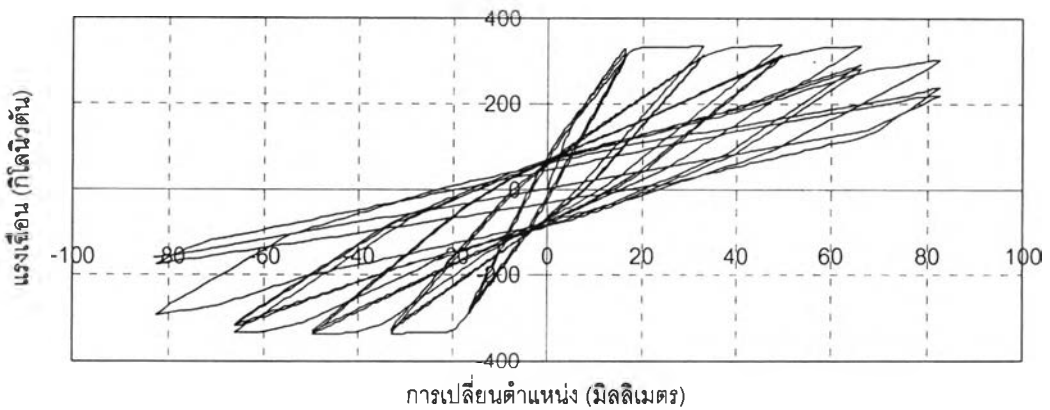
ผลการวิเคราะห์ค่าการเปลี่ยนตำแหน่งของชั้นที่ 1 และค่าแรงเฉือนในเสา (V) แสดงดังรูปที่ ข3.-ข7. พบว่าพารามิเตอร์ฮีสเทอเร็ติกสำหรับคานภายในและภายนอกให้ผลที่ใกล้เคียงกันมาก กรณีของคานภายนอกมีวงรอบฮีสเทอเร็ติกที่เล็กกว่าเล็กน้อย การลดลงของกำลังค่อนข้างสม่ำเสมอ และเริ่มมีกำลังต่ำกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ของกำลังสูงสุดที่การเปลี่ยนตำแหน่งเท่ากับ  $4\Delta_y$  รอบที่ 2 ในขณะที่พารามิเตอร์ฮีสเทอเร็ติกสำหรับเสา มีการลดลงของกำลังน้อยในช่วงแรกของการรับแรงกระทำ และหลังจากการเปลี่ยนตำแหน่งเท่ากับ  $4\Delta_y$  จะลดลงอย่างรวดเร็วและเกิดการลดลงของสติเฟนสมากกว่าเมื่อเทียบกับคาน สำหรับพารามิเตอร์ฮีสเทอเร็ติกสำหรับเสาที่ห่อหุ้มด้วยคอนกรีตเสริมเหล็ก การลดลงของกำลังค่อนข้างน้อยเมื่อเทียบกับเสาที่ไม่ได้ห่อหุ้มด้วยคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีขนาดเท่ากัน โดยที่กำลังยังไม่ต่ำกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ของกำลังสูงสุดหลังจากการเปลี่ยนตำแหน่งเท่ากับ  $5\Delta_y$



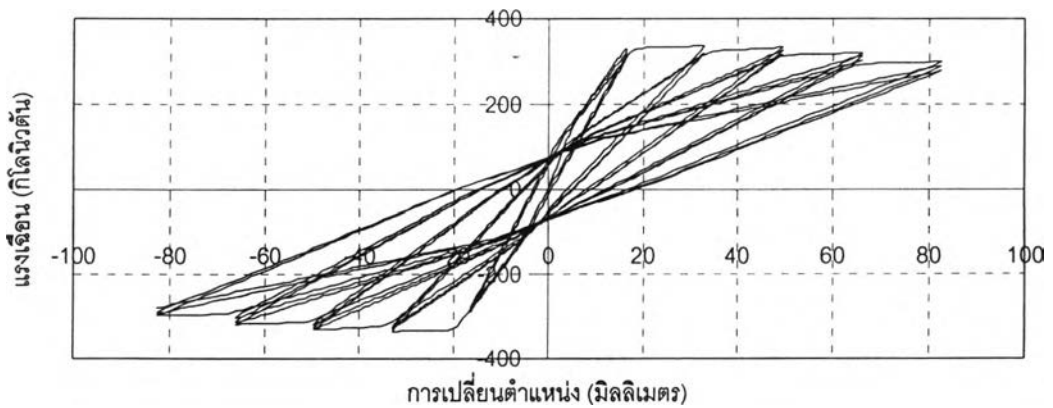
รูปที่ ข3. การเปลี่ยนตำแหน่งและค่าแรงเฉือนในเสา ซึ่งใช้พารามิเตอร์ฮีสเทอเร็ติกของคานภายใน



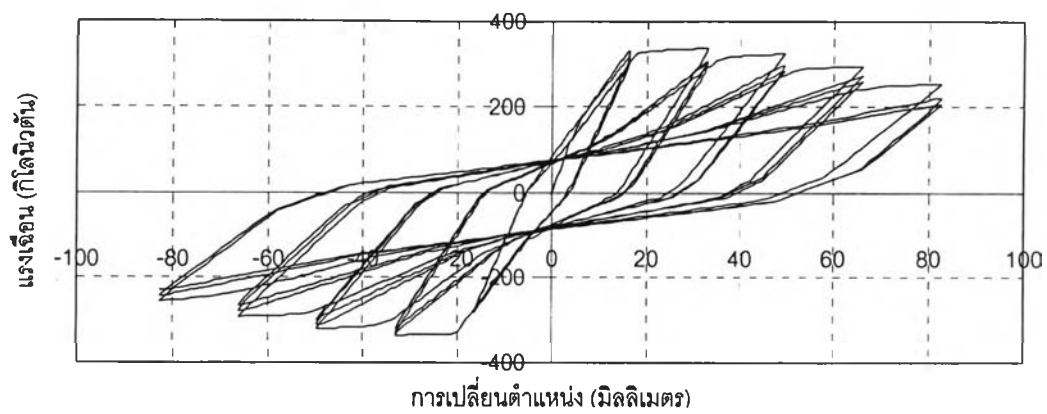
รูปที่ ข4. การเปลี่ยนตำแหน่งและค่าแรงเฉือนในเสา ซึ่งใช้พารามิเตอร์ฮีสเทอเร็ติกของคานภายนอก



รูปที่ ข5. การเปลี่ยนตำแหน่งและค่าแรงเฉือนในเสา ซึ่งใช้พารามิเตอร์ฮีสเทอเร็ติกของเสา



รูปที่ ข6. การเปลี่ยนตำแหน่งและค่าแรงเฉือนในเสา ซึ่งใช้พารามิเตอร์ฮีสเทอเร็ติกของเสาที่ห่อหุ้มด้วยคอนกรีตเสริมเหล็ก



รูปที่ ข7. การเปลี่ยนตำแหน่งและค่าแรงเฉือนในเสา ซึ่งใช้พารามิเตอร์ฮีสเทอเร็ติกของผนัง (การตัด)

## ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายธานินทร์ เจียรักสุวรรณ เกิดเมื่อวันที่ 8 มกราคม พ.ศ. 2520 ที่จังหวัดระยอง เข้ารับการศึกษาระดับประถมศึกษาที่โรงเรียนรุ่งนภาพิทยา จังหวัดระยอง จากชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ถึง 5 และย้ายไปศึกษาในชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่โรงเรียนวัดสารนาถธรรมาราม จังหวัดระยอง จากนั้นเข้ารับการศึกษต่อในระดับมัธยมศึกษาที่โรงเรียนวัดสุทธิวราราม กรุงเทพมหานคร ต่อมาได้เข้ารับการศึกษาระดับปริญญาตรีที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยในปีการศึกษา 2538 และเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2542

