

เอกสารอ้างอิง

1. Bares, R., and Massonet, C., Analysis of Beam Grids and Orthotropic Plate, Crosby Lockwood and Son Ltd., London, 1966
2. West, P.E., "A Finite Element Solution to Skew Slab Problem," Civil Engineering and Public Works Review, Vol 61, No.718, May 1966, pp. 619-624
3. Sawko, F., and Cope, R.J., "The Analysis of skew Bridge Deck," A New Finite Element Approach, The Structural Engineer, Vol 47, No.6, June 1969, pp. 215-224
4. Sawko, F., and Morley, W.H., "Grillage Analysis of composite Box Girder Bridge Deck," Civil Engineering and Public Works Review, Vol.69, No.759, October 1969
5. Brettell, H.J., "Elastic Analysis of Plane Grids by the Integrated Civil Engineering System," Civil Engineering Transactions, Vol. CE12, No.1, April 1970, pp.43-48
6. HO, C.T. "Grid Analysis of Orthotropic Plates," Thesis No. 351, Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand 1971
7. Hambly, E.C., Bridge Deck Behaviour, John Wiley and Son Inc. 1976
8. Standard Specification for Highway, American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), 13th ed, 1983
9. West, R., "The Use of a Grillage Analogy for the Analysis of slab and Pseudo-Slab Bridge Deck," Reserch Report 41.021, Cement and Concrete Association, London, 1973

ภาคผนวก



ภาคผนวก ก.

แนวทางการจำลองโครงสร้างกริดสำหรับโครงสร้างสะพานคอนกรีต

ก.1 โครงสร้างสะพานคอนกรีตแบบพื้น-คาน

พฤติกรรมของ โครงสร้างสะพานคอนกรีตที่ประกอบด้วยคานและแผ่นพื้น แสดงในรูปที่ ก.1 ซึ่งมีลักษณะเป็นคานหลายๆ ตัววางเรียงกัน และมีแผ่นพื้นต่อเนื่องวางพาดทางขวางระหว่างคาน ภายใต้อันตรัดแผ่นพื้นจะมีพฤติกรรมร่วมกับคาน โดยทำหน้าที่เป็นปีกของคานเสมือนกับเป็น โครงสร้างที่ประกอบด้วยคานรูปตัวทีหลายๆ ตัววางเรียงและต่อเนื่องกันตามแนวขอบของปีกคาน จากลักษณะของพฤติกรรมดังกล่าวสตีเฟนเนสของแผ่นพื้นจะมีประสิทธิผลเฉพาะส่วนที่ถูกตัดไปพร้อมกับคานเท่านั้น รูปที่ ก.2 แสดงชิ้นส่วนเล็ก ๆ ของโครงสร้างภายใต้อันตรัดกระทำ dW ซึ่งทำให้เกิดโมเมนต์ตัด M_x แรงเฉือน V_x และโมเมนต์บิด M_y ในแนวแกน X ของชิ้นส่วน ขณะที่เกิดโมเมนต์ตัด M_y แรงเฉือน V_y และโมเมนต์บิด M_x ในแนวแกน Y ของชิ้นส่วน สมการสมดุลย์ของแรงต่างๆ สามารถเขียนได้เป็น

$$\Delta S_x + \Delta S_y = -W\Delta X\Delta Y$$

$$\Delta M_x + \Delta T_y = S_x\Delta X \quad (ก.1)$$

$$\Delta M_y + \Delta T_x = S_y\Delta Y$$

พิจารณารูปที่ ก.3 ซึ่งแสดงแรงภายในชิ้นส่วนของโครงสร้างกริดระนาบ พบว่าแรงภายในชิ้นส่วนของโครงสร้างกริดระนาบมีลักษณะสอดคล้องกับแรงภายในชิ้นส่วนโครงสร้างสะพานคอนกรีตที่ได้แสดงในรูปที่ ก.2 ดังนั้นการกำหนดขนาดที่เหมาะสมของชิ้นส่วนในโครงสร้างกริดระนาบโดยพิจารณาจากโครงสร้างจริงย่อมให้ผลการวิเคราะห์ที่สอดคล้องกับพฤติกรรมของโครงสร้างสะพานคอนกรีตจริง ซึ่งเป็นผลให้องค์อาคารในโครงสร้างกริดระนาบประกอบ

ด้วยคาบและแอมพลิจูดบางส่วนจากโครงสร้างเดิม และค่าคุณสมบัติต่าง ๆ ขององค์อาคารดังกล่าวสามารถคำนวณได้โดยตรงจากลักษณะหน้าตัดขององค์อาคารนั้น ๆ

ก.2 โครงสร้างสะพานคอนกรีตแบบรูปกล่อง

รูปที่ ก.4 แสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของหน้าตัดสะพานรูปกล่องภายใต้น้ำหนักกระทำ ซึ่งสามารถแยกลักษณะของการเปลี่ยนแปลงรูปร่างออกเป็น 4 ลักษณะคือ การเปลี่ยนแปลงรูปร่างเนื่องจากการตัดทางยาว การเปลี่ยนแปลงรูปร่างเนื่องจากการตัดทางขวาง การเปลี่ยนแปลงรูปร่างเนื่องจากการบิด และการเปลี่ยนแปลงรูปร่างเนื่องจากการบิดเบี้ยว จากลักษณะพฤติกรรมของโครงสร้างสะพานดังกล่าวข้างต้นสามารถที่จะจำลองโครงสร้างกิริยาระนาบให้มีพฤติกรรมภายใต้น้ำหนักบรรทุกสอดคล้องกับพฤติกรรมของโครงสร้างสะพานจริงได้ ดังจะกล่าวต่อไป

ก.2.1 การตัดทางยาว

พฤติกรรมเนื่องจากการตัดทางยาวคิดเสมือนหน้าตัดทั้งหมดประกอบด้วยคานหน้าตัดรูปตัวไอหลาย ๆ ตัว โดยคานแต่ละตัวมีตำแหน่งของจุดศูนย์ถ่วงอยู่ที่ระดับเดียวกัน ดังแสดงในรูปที่ ก.5 ทั้งนี้เนื่องจากภายใต้การตัดหน้าตัดทั้งหมดจะถูกตัดไปทำให้มีรัศมีความโค้งเท่า ๆ กัน โดยที่คานหน้าตัดรูปตัวไอแต่ละตัวจะไม่สามารถแอนตัวเป็นอิสระต่อกันได้ ดังนั้นหน่วยแรงที่เกิดขึ้นเนื่องจากโมเมนต์ตัดทางยาวจึงประกอบด้วย หน่วยแรงตัดและหน่วยแรงเฉือน ดังแสดงในรูปที่ ก.6 ซึ่งค่าหน่วยแรงทั้งสองสามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$S = Mz/I \quad (ก.2)$$

และ

$$S = VAz/Ib \quad (ก.3)$$

โดยที่ S = หน่วยแรงตัด
 S = หน่วยแรงเฉือน

- M = โมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นในคานหน้าตัดรูปตัว ไอ
 V = แรงเฉือนในหน้าตัดที่เกิดขึ้นเนื่องจาก โมเมนต์ดัด
 A = พื้นที่ของส่วนที่วัดจากระนาบที่ต้องการคำนวณหาหน่วยแรงเฉือนถึงระนาบอิสระ
 Z = ระยะระหว่างจุดศูนย์กลางของคานหน้าตัดรูปตัว ไอและพื้นที่ A
 I = โมเมนต์อินเนอร์ เชียรอบแกนศูนย์กลางของหน้าตัดรูปตัว ไอ
 b = ความกว้างของระนาบที่ต้องการคำนวณหาหน่วยแรงเฉือน

ก.2.2 การตัดทางขวาง

พฤติกรรมของการตัดทางขวางแสดงในรูปที่ ก.7 ซึ่งการตัดจะเกิดขึ้นกับแผ่นพื้นด้านบนและด้านล่าง รอบจุดศูนย์กลางของแผ่นพื้นทั้งสอง ดังนั้น โมเมนต์อินเนอร์ เชียขององค์อาคารทางขวางในโครงสร้างกวีตระนาบสามารถคำนวณจากสมการ

$$\begin{aligned}
 i &= (h_c^2 d_c + h_b^2 d_b) \\
 &= h^2 d_c d_b / (d_c + d_b) \quad \text{ต่อหนึ่งหน่วยความกว้าง} \quad (ก.4)
 \end{aligned}$$

โดยที่ d_c , d_b , h_c , h_b และ h หมายถึงมิติต่าง ดังแสดงในรูปที่ ก.7 และในการที่องค์อาคารทางขวางในโครงสร้างกวีตระนาบประกอบด้วยคานขวาง โมเมนต์อินเนอร์ เชียในสมการที่ ก.4 จะต้องรวมโมเมนต์อินเนอร์ เชียของคานขวางเข้าไว้ด้วย

ก.2.3 การบิด

เมื่อพิจารณาผลของการบิด โดยไม่เกิดการบิดเบี้ยวในหน้าตัดรูปกล่อง ดังแสดงในรูปที่ ก.4(ง) จะทำให้เกิดแรงเฉือนไหลในหน้าตัดดังแสดงในรูปที่ ก.8(ก) และเมื่อโครงสร้างกวีตระนาบถูกบิด ไปในลักษณะเดียวกันจะเกิดแรงภายในดังแสดงในรูปที่ ก.8(ข) ซึ่งแรงบิดต้านทั้งหมดของหน้าตัดจะเกิดจากส่วนของแรงบิดต้านในองค์อาคารทางขวางและส่วนของแรงเฉือนที่มีทิศทางตรงข้ามกันในแต่ละด้านของหน้าตัด ซึ่งแรงเฉือนนี้จะอยู่ในสมดุลย์กับแรงบิดต้านใน

องค์อาคารทางขวางดังแสดงในรูปที่ ก.8(ค) พิจารณารูปที่ ก.9 พบว่า ระบบของแรงใน โครงสร้างกิริติระนาบมีความสอดคล้องกับระบบของแรงในหน้าตัดรูปกล่อง โดยที่แรงบิดใน องค์อาคารทางขวางของ โครงสร้างกิริติระนาบสอดคล้องกับแรงบิดเนื่องจากแรงเฉือนในแผ่นพื้นบน และล่างของหน้าตัดรูปกล่อง ขณะที่แรงเฉือนใน โครงสร้างกิริติระนาบสอดคล้องกับแรงเฉือน ในแผ่นเอวของหน้าตัดรูปกล่อง

จากเหตุผลข้างต้นค่าสติเนสด้านทกการบิดขององค์อาคารทางขวางและทางขวางใน โครงสร้างกิริติระนาบซึ่งพิจารณาให้แผ่นพื้นบนและล่างในหน้าตัดรูปกล่องมีพฤติกรรมแบบคาน ควรมีค่าเป็น $1/2$ เท่าของค่าสติเนสด้านทกการบิดของ Saint Venant ซึ่งจะมีค่าเป็น

$$c = 2(h_u^3 d_u + h_b^3 d_b) \quad (ก.5)$$

ต่อหนึ่งหน่วยความกว้างของแผ่นพื้น

และค่าพื้นที่รับแรงเฉือนขององค์อาคารใน โครงสร้างกิริติระนาบมีค่าเท่ากับพื้นที่ ของแผ่นเอวในหน้าตัดรูปกล่อง

ก.2.4 การบิดเบี้ยว

การเปลี่ยนแปลงรูปร่างเนื่องจากการบิดเบี้ยวของหน้าตัดรูปกล่องจะมีลักษณะคล้าย คลึงกับการเปลี่ยนแปลงรูปร่างเนื่องจากแรงเฉือนของ โครงข้อหมุน Vierendeel ดังแสดง ในรูปที่ ก.10(ก) ดังนั้นการกำหนดพื้นที่หน้าตัดรับแรงเฉือนขององค์อาคารทางขวางใน โครงสร้างกิริติระนาบจึงสามารถคำนวณหาจากความสัมพันธ์ระหว่างแรงเฉือนในแนวตั้งและการ เปลี่ยนตำแหน่งเนื่องจากแรงเฉือน อาศัยทฤษฎีการวิเคราะห์โครงข้อแข็ง แรงเฉือนต่อ หนึ่งหน่วยความกว้างของหน้าตัดรูปกล่องสามารถประมาณได้จากสมการ

$$S = (d_u^3 + d_b^3) [d_w^3 l / (d_w^3 l + (d_u^3 + d_b^3) h)] JEW_u / l^3 \quad (ก.6)$$

โดยที่ d_u , d_b , d_w , l และ h หมายถึงมิติดังแสดงในรูปที่ ก.10

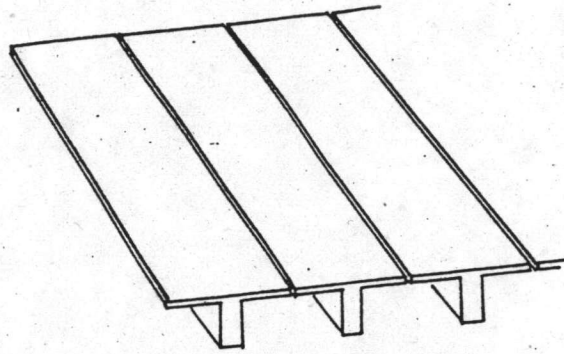
และสำหรับโครงสร้างกิริติระนาบความสัมพันธ์ระหว่างแรงเฉือนและการเปลี่ยนตำแหน่งเนื่องจากแรงเฉือนสามารถเขียนเป็น

$$S = a_s GW_s / l \quad (\text{ก.7})$$

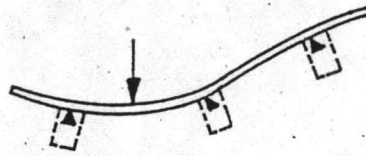
โดยที่ a_s = พื้นที่รับแรงเฉือนขององค์อาคารในโครงสร้างกิริติระนาบ
จากการเท่ากันของสมการที่ ก.6 และ ก.7 สามารถที่จะหาค่าของพื้นที่รับแรง
เฉือนขององค์อาคารทางขวางในโครงสร้างกิริติระนาบได้เป็น

$$a_s = (d_c^3 + d_b^3) [d_w^3 l / (d_w^3 + (d_c^3 + d_b^3) h) E / G l^2] \quad (\text{ก.8})$$

ต่อหนึ่งหน่วยความกว้าง

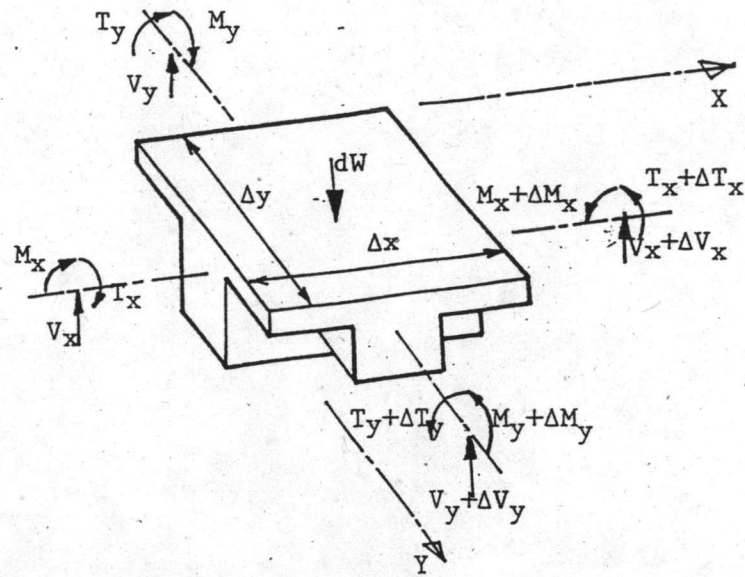


(ก) การตัดทางยาว

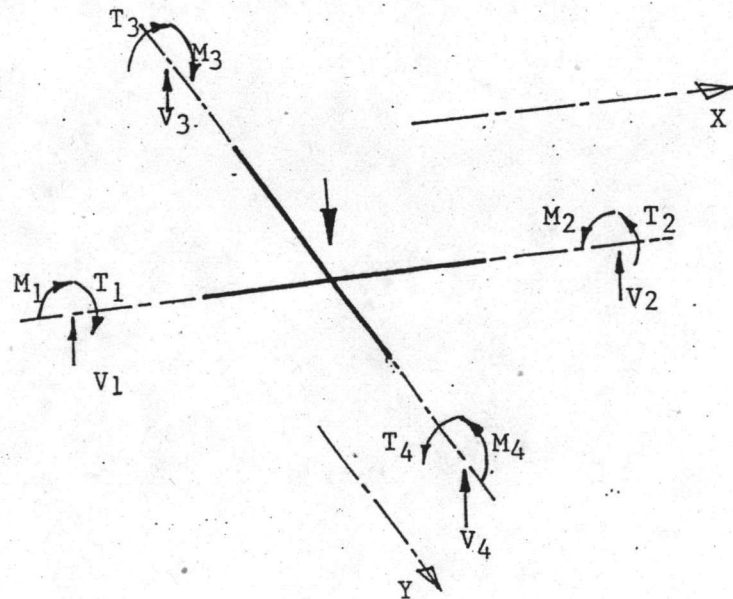


(ข) การตัดทางขวาง

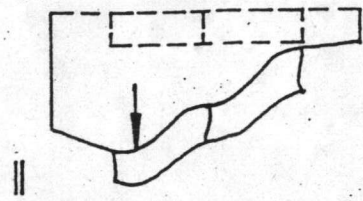
รูปที่ ก.1 พฤติกรรมร่วมระหว่างคานและแผ่นพื้นในโครงสร้างสะพานคอนกรีต
แบบพื้น-คาน



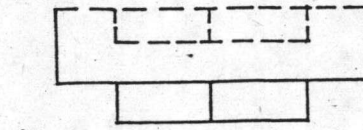
รูปที่ ก.2 พฤติกรรมบริเวณจุดต่อในโครงสร้างสะพานคอนกรีตชนิดคานและแผ่นพื้น
ภายใต้น้ำหนักบรรทุก



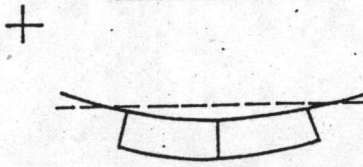
รูปที่ ก.3 พฤติกรรมบริเวณจุดต่อในโครงสร้างกรีตระนาบภายใต้น้ำหนักบรรทุก



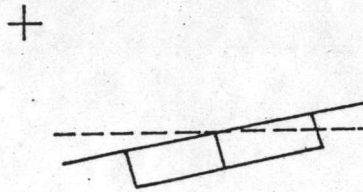
(ก) การเปลี่ยนแปลงรูปร่างรวม



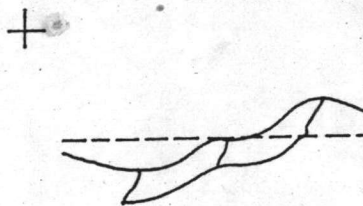
(ข) การเปลี่ยนแปลงรูปร่างเนื่องจากการตัดทางยาว



(ค) การเปลี่ยนแปลงรูปร่างเนื่องจากการตัดทางขวาง

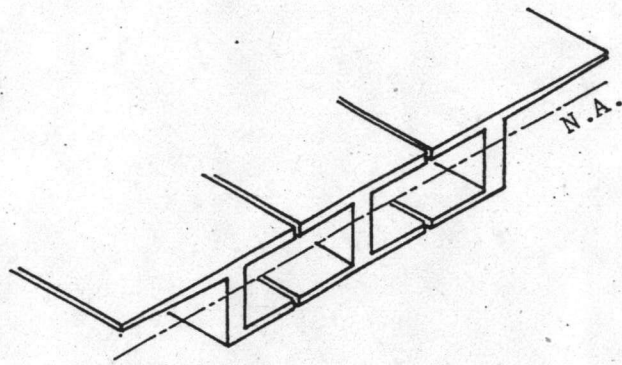


(ง) การเปลี่ยนแปลงรูปร่างเนื่องจากการบิด

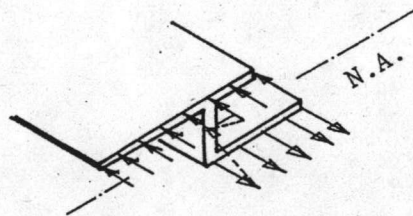


(จ) การเปลี่ยนแปลงรูปร่างเนื่องจากการบิดเบี้ยว

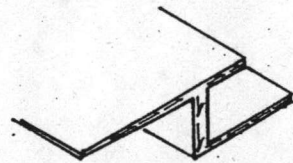
รูปที่ ก.4 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของโครงสร้างรูปกล่อง



รูปที่ ก.5 การพิจารณาชิ้นส่วนเทียบเท่าในโครงสร้างรูปกล่อง

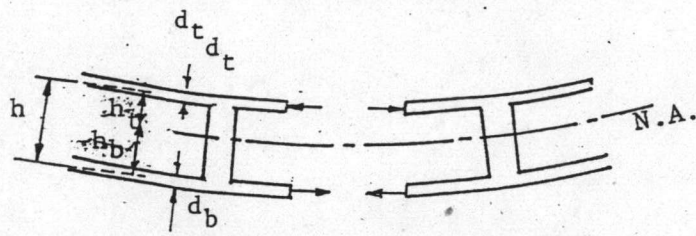


(ก) หน่วยแรงตัด

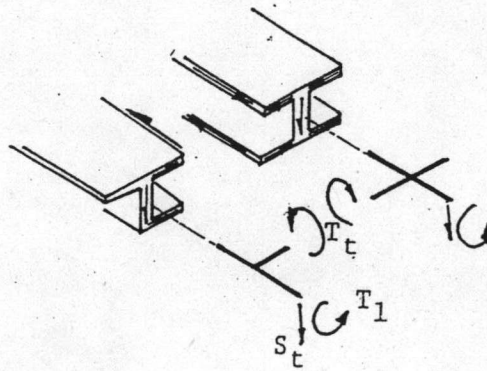


(ข) หน่วยแรงเฉือน

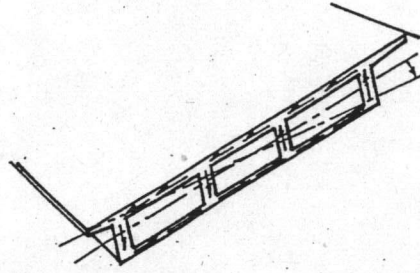
รูปที่ ก.6 หน่วยแรงในชิ้นส่วนเทียบเท่าเนื่องจากการตัดทางยาว



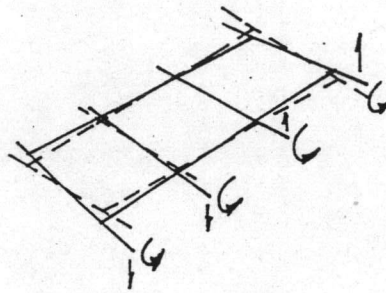
รูปที่ ก.7 พฤติกรรมของโครงสร้างรูปกล่องภายใต้การตัดทางขวาง



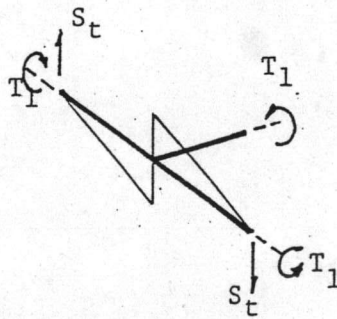
รูปที่ ก.9 การเทียบเท่าของแรงภายในโครงสร้างรูปกล่องและโครงสร้างกริดระนาบ



(ก) แรงเฉือนในชั้นส่วนเทียบเท่าของ โครงสร้างรูปกล่อง

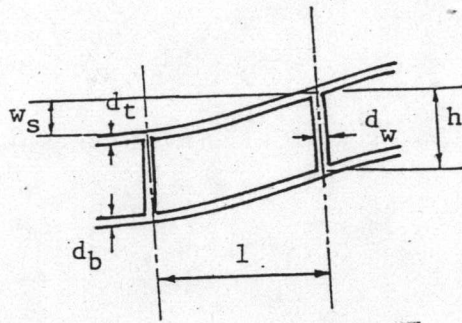


(ข) แรงบิดและแรงเฉือนในชั้นส่วนของ โครงสร้างกริดระนาบ

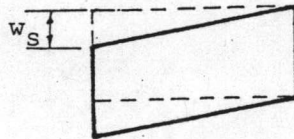


(ค) สมดุลย์ระหว่างแรงบิดในชั้นส่วนทางขวางและแรงเฉือนในชั้นส่วนทางยาว ของ โครงสร้างกริดระนาบ

รูปที่ ก.8 พฤติกรรมของ โครงสร้างรูปกล่องและ โครงสร้างกริดระนาบ เนื่องจากการบิด



(ก) การบิดเบี้ยวของ โครงสร้างรูปท่อน

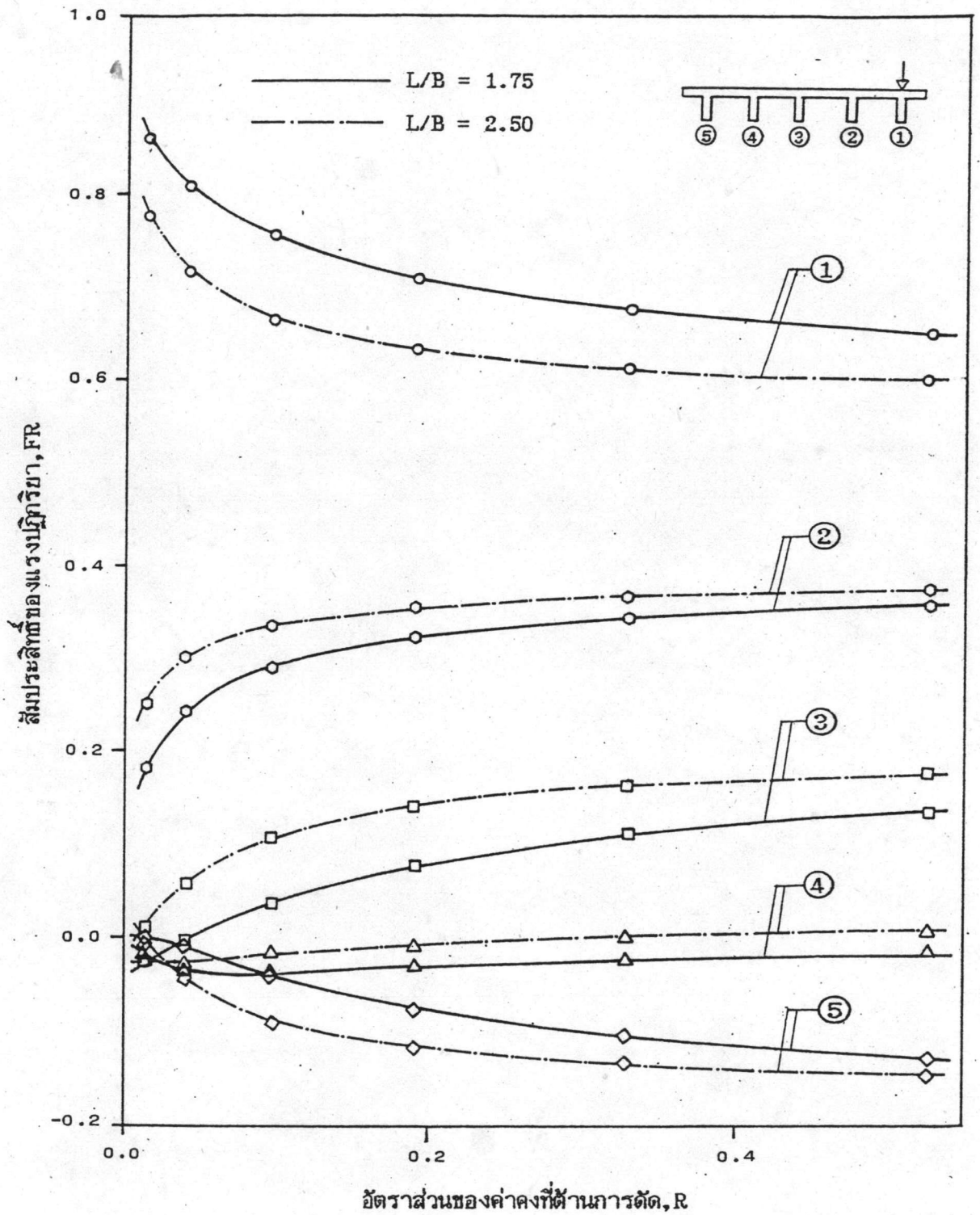


(ข) การเปลี่ยนแปลงรูปร่างของชิ้นส่วนในโครงสร้างกิริตระนาบเนื่องจากแรงเฉือน

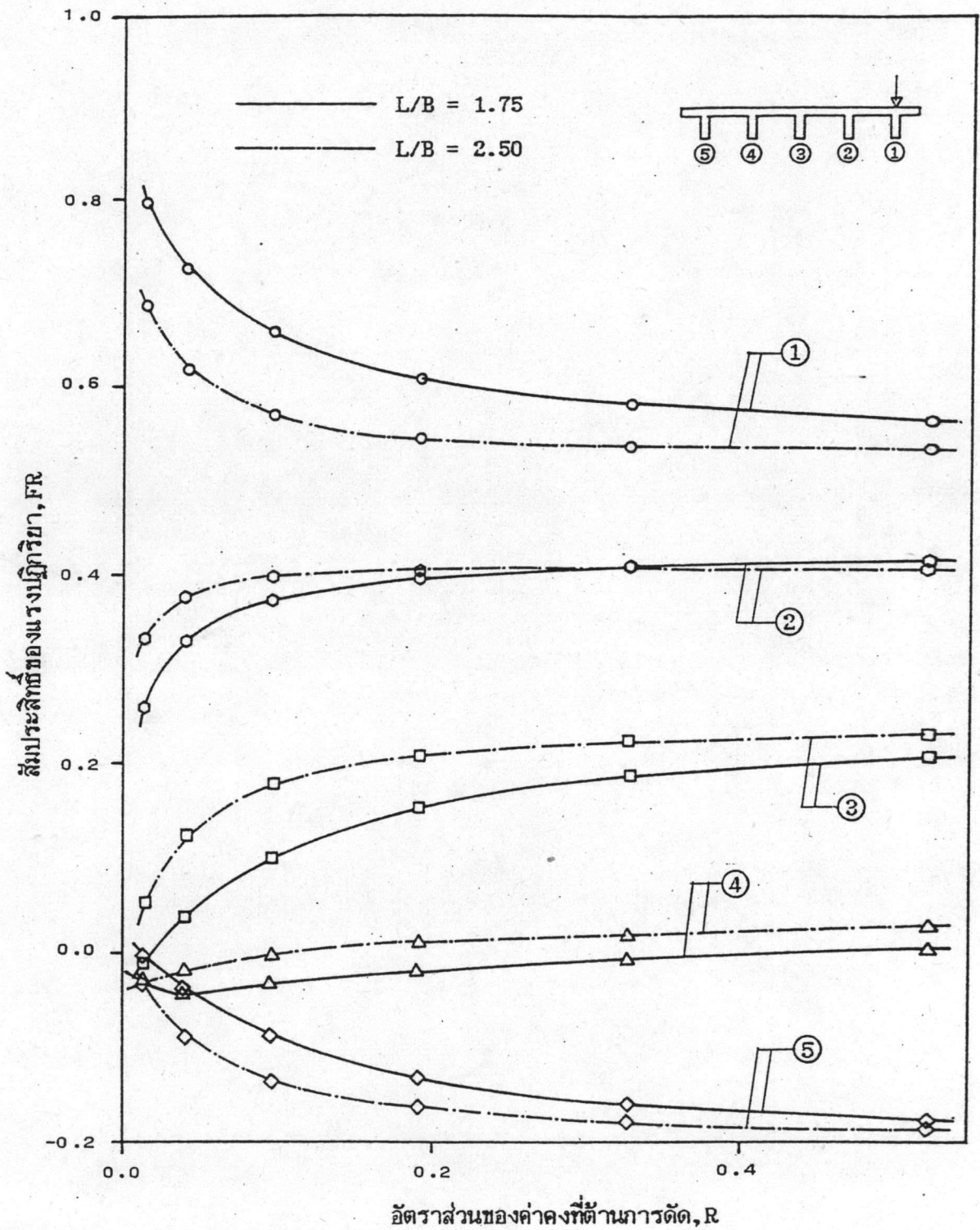
รูปที่ ก.10 การเปลี่ยนแปลงรูปร่างของ โครงสร้างรูปท่อนเนื่องจากการบิดเบี้ยว และการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของชิ้นส่วนในโครงสร้างกิริตระนาบเนื่องจากแรงเฉือน

ภาคผนวก ข.

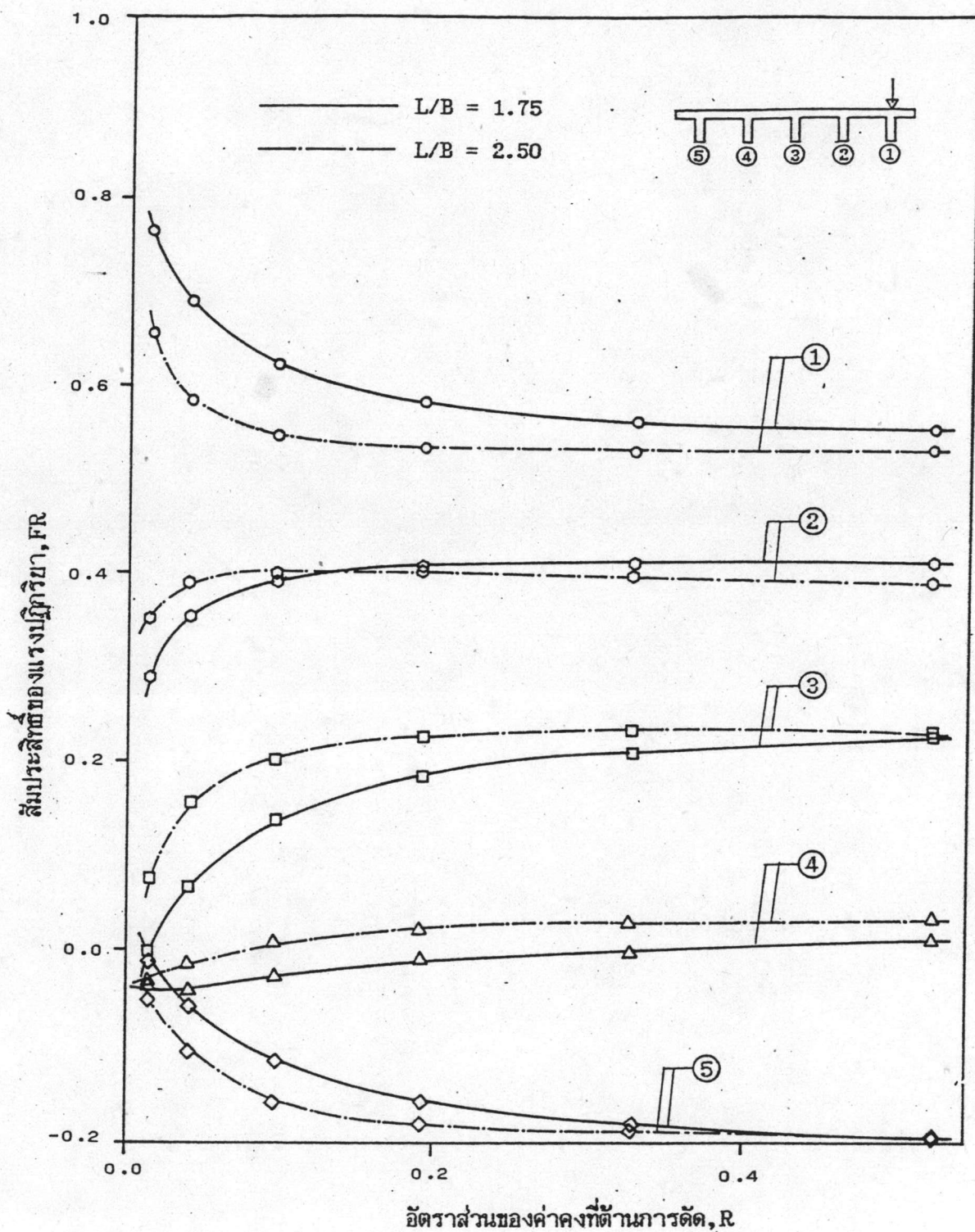
กราฟของความสัมพันธ์



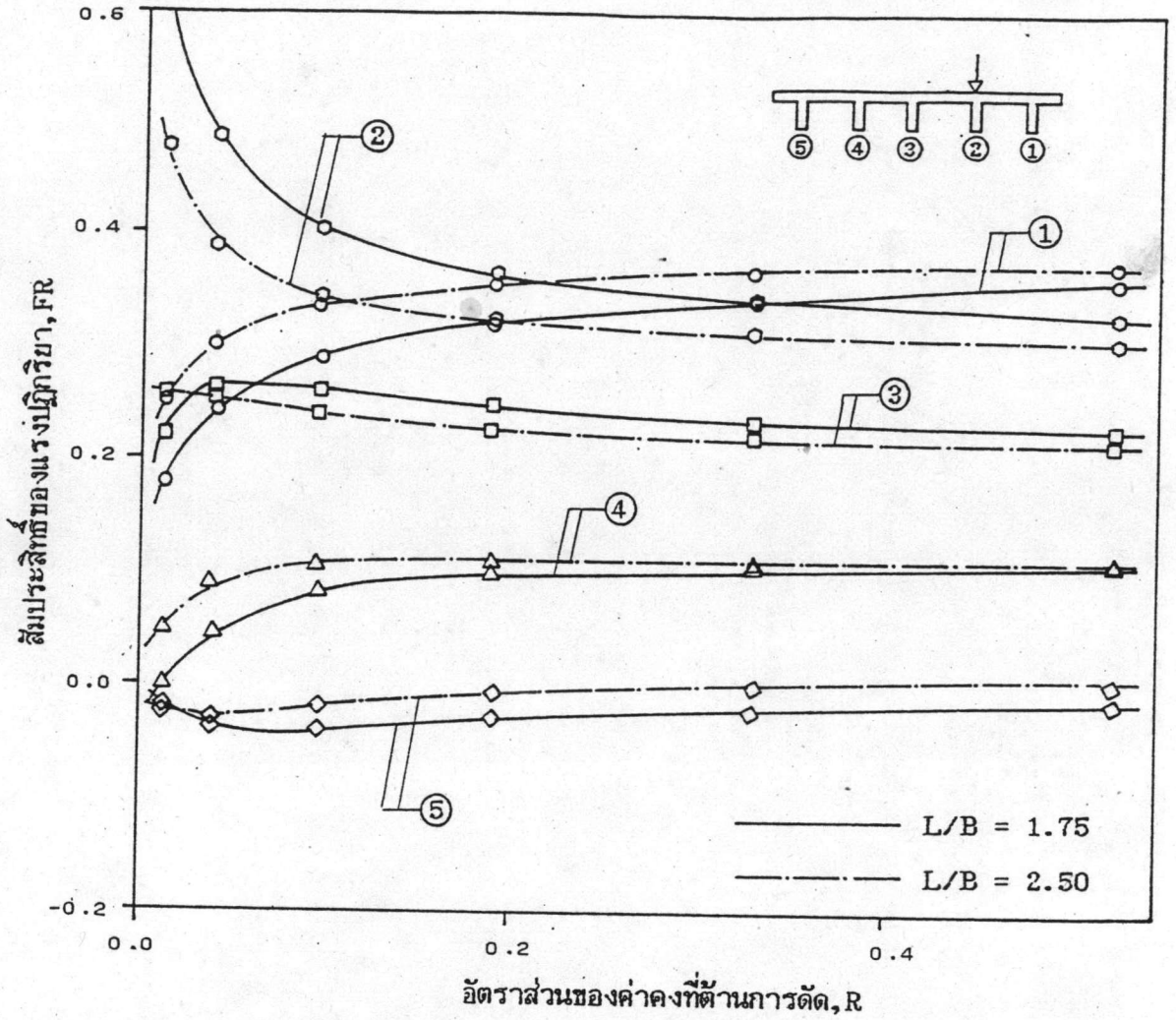
รูปที่ ข.1 สัมประสิทธิ์ของแรงปฏิกิริยาตามอัตราส่วนของค่าคงที่ด้านการตัด, R
(จำนวนคานขวาง = 1)



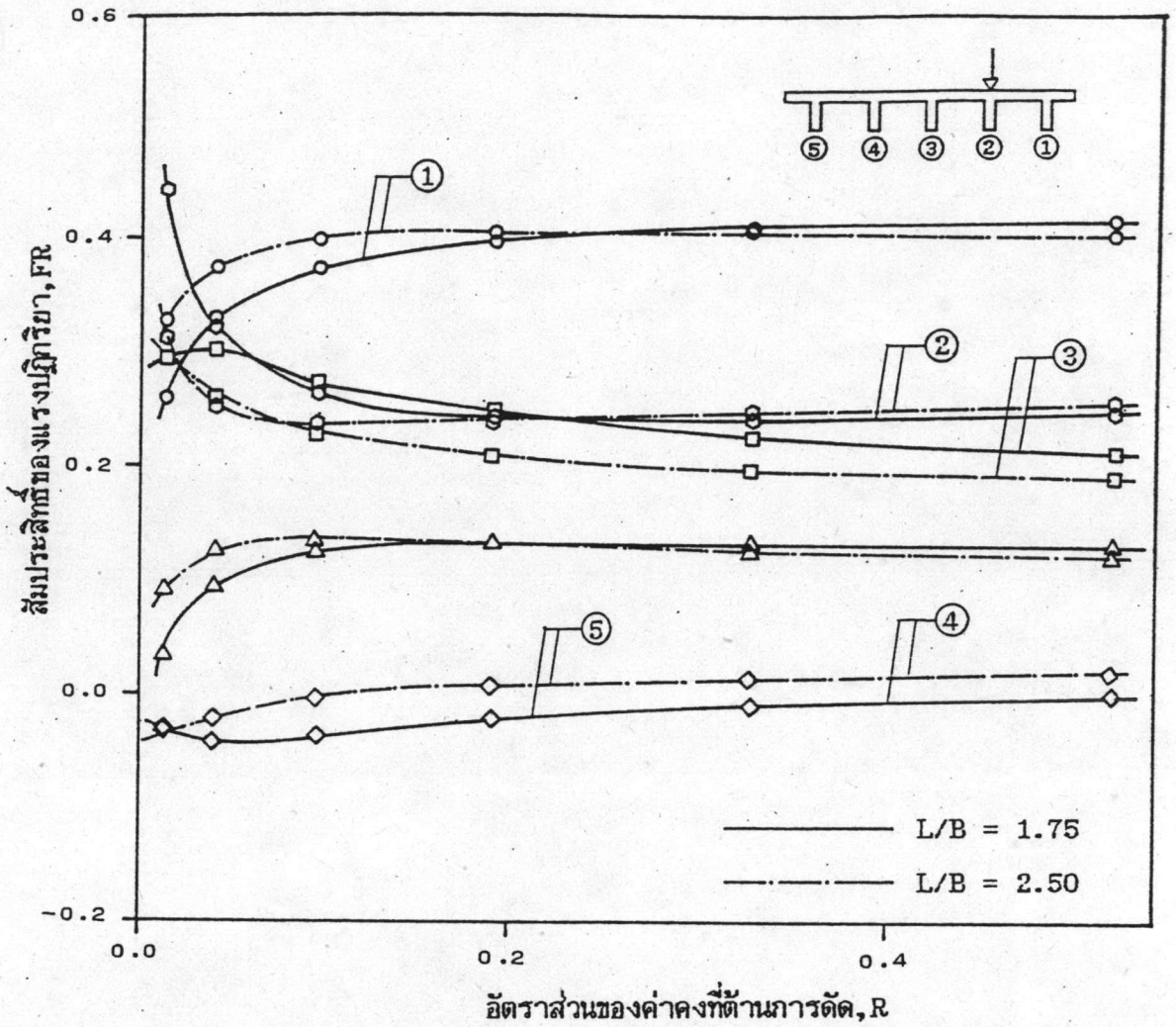
รูปที่ ๒.๒ สัมประสิทธิ์ของแรงปฏิกิริยาตามอัตราส่วนของค่าคงที่ด้านการตัด, R
(จำนวนคานขวาง = 3)



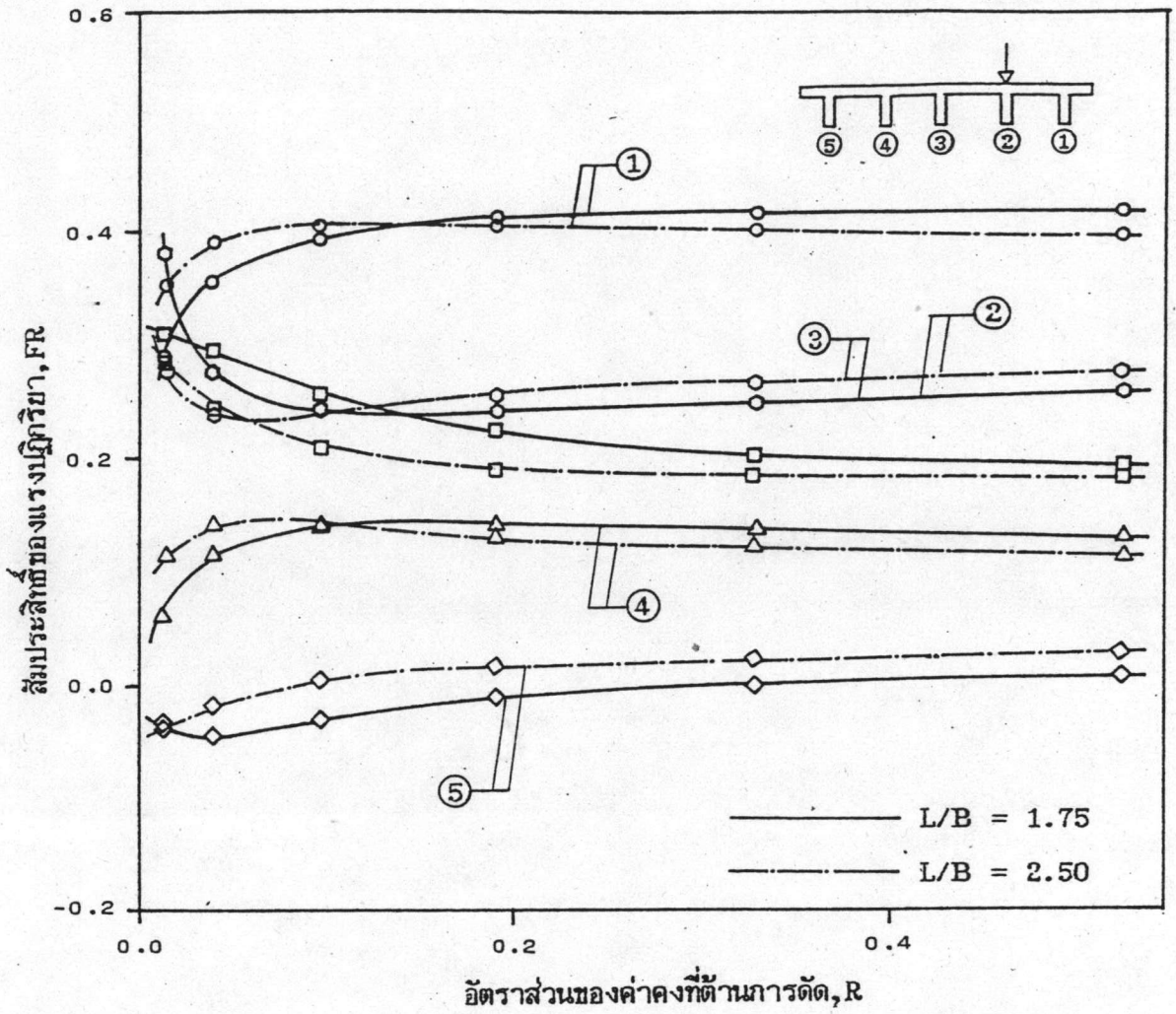
รูปที่ ข.3 สัมประสิทธิ์ของแรงปฏิกิริยาตามอัตราส่วนของค้ำงที่ด้านหารัด
(จำนวนคานขวาง = 5)



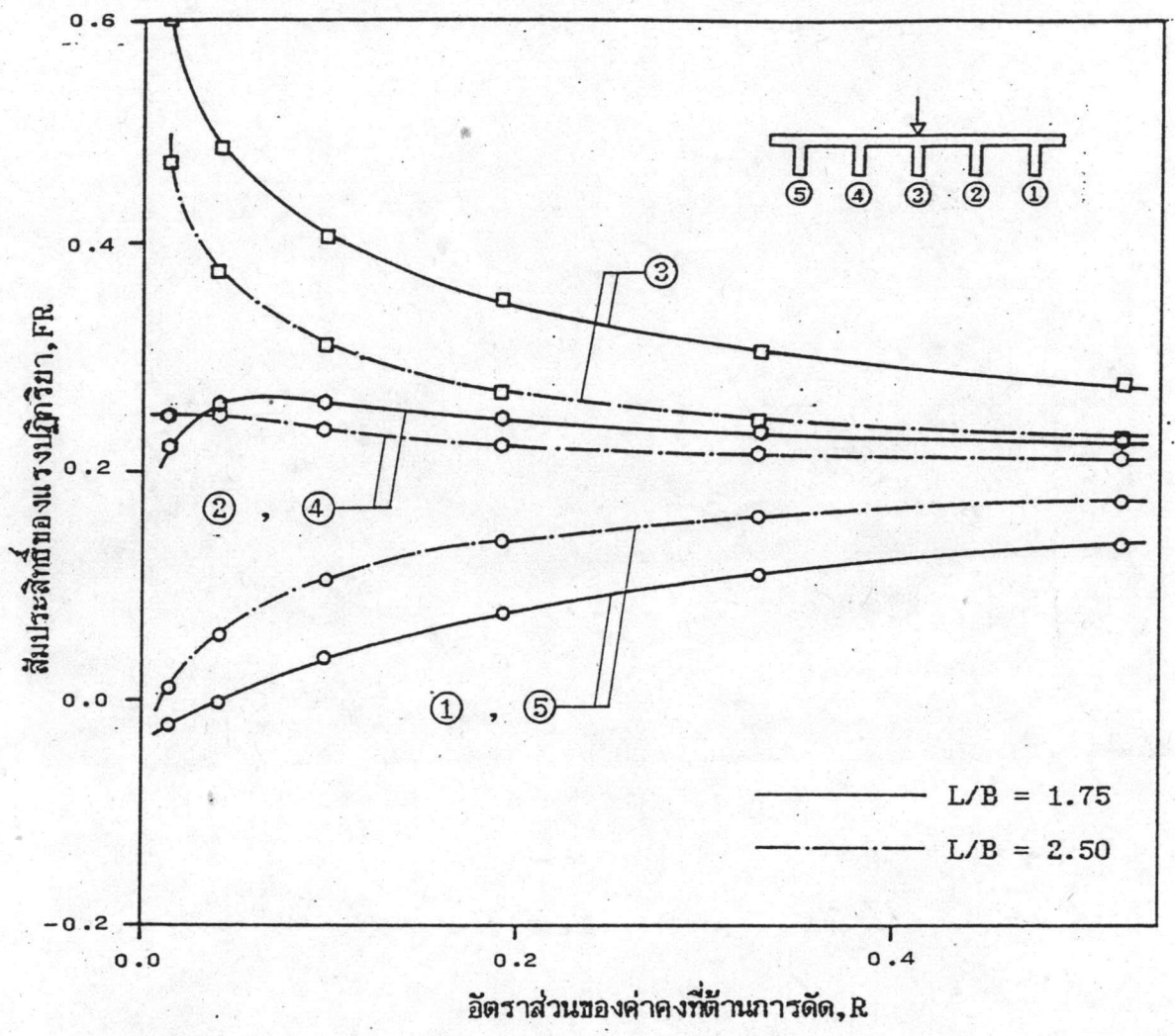
รูปที่ ๗.๔ สัมประสิทธิ์ของแรงปฏิกิริยาตามอัตราส่วนของค่าคงที่ด้านกาารัด
(จำนวนคานขวาง = 1)



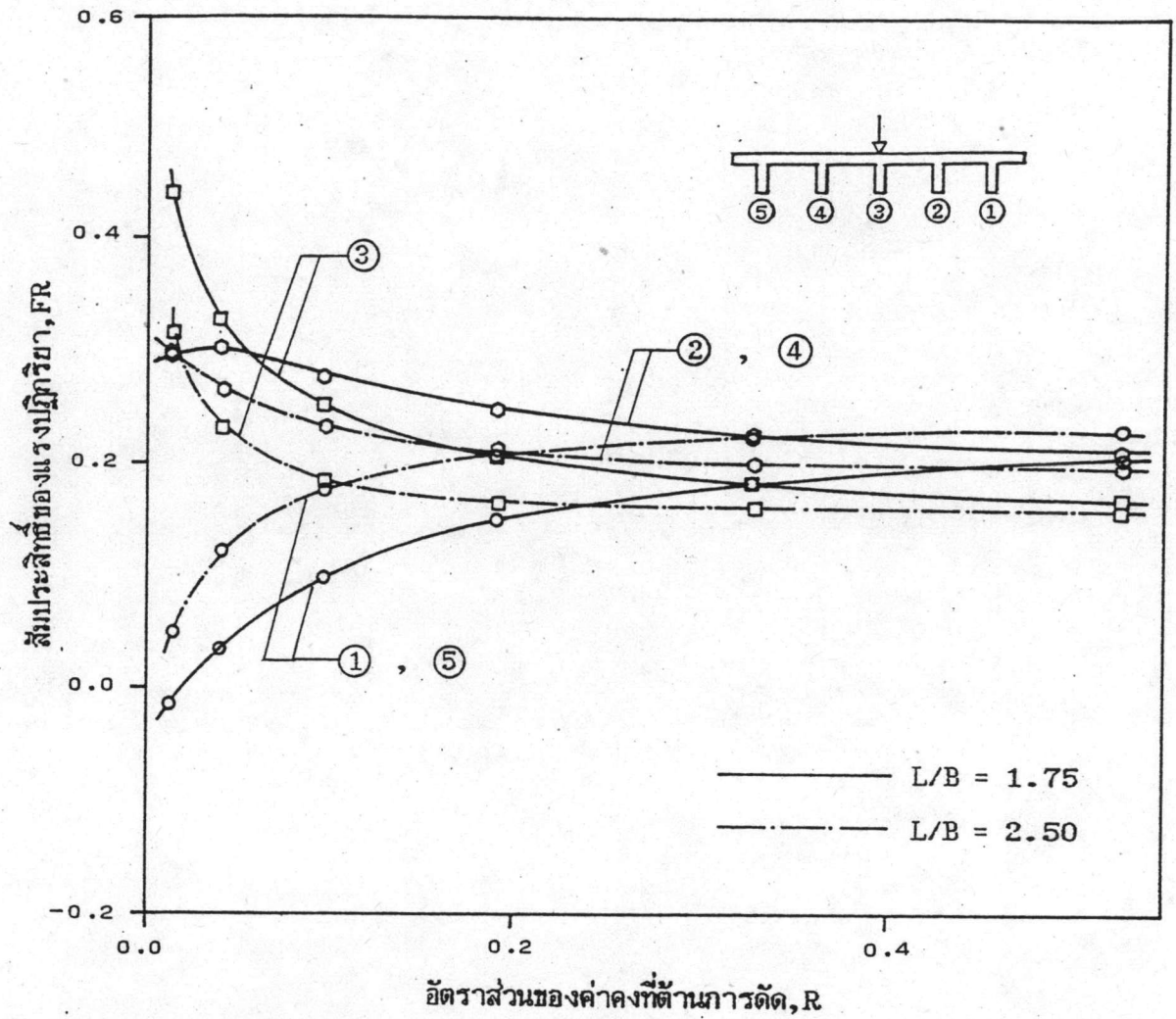
รูปที่ ข.5 สัมประสิทธิ์ของแรงปฏิกิริยาตามอัตราส่วนของค่าคงที่ด้านการตัด
(จำนวนคานขวาง = 3)



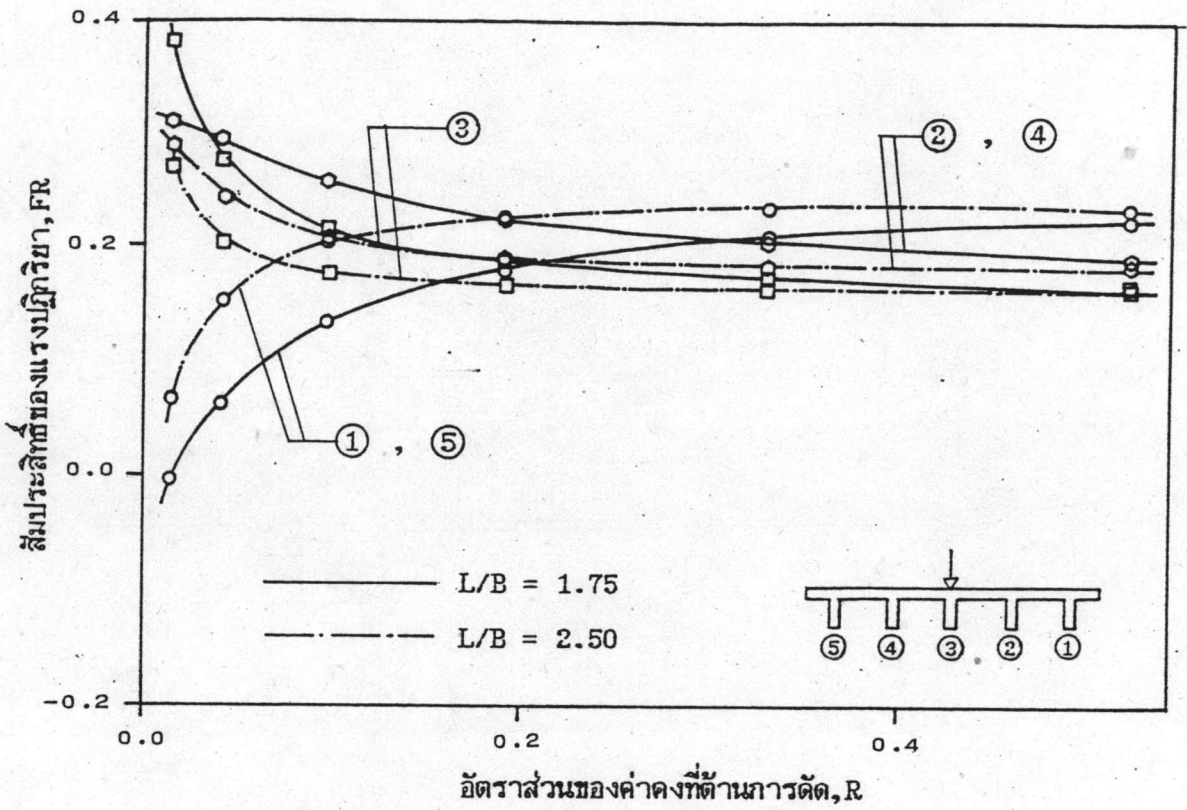
รูปที่ ๗.6 สัมประสิทธิ์ของแรงปฏิกิริยาตามอัตราส่วนของค่าคงที่ต้านการดัด
(จำนวนคานขวาง = 5)



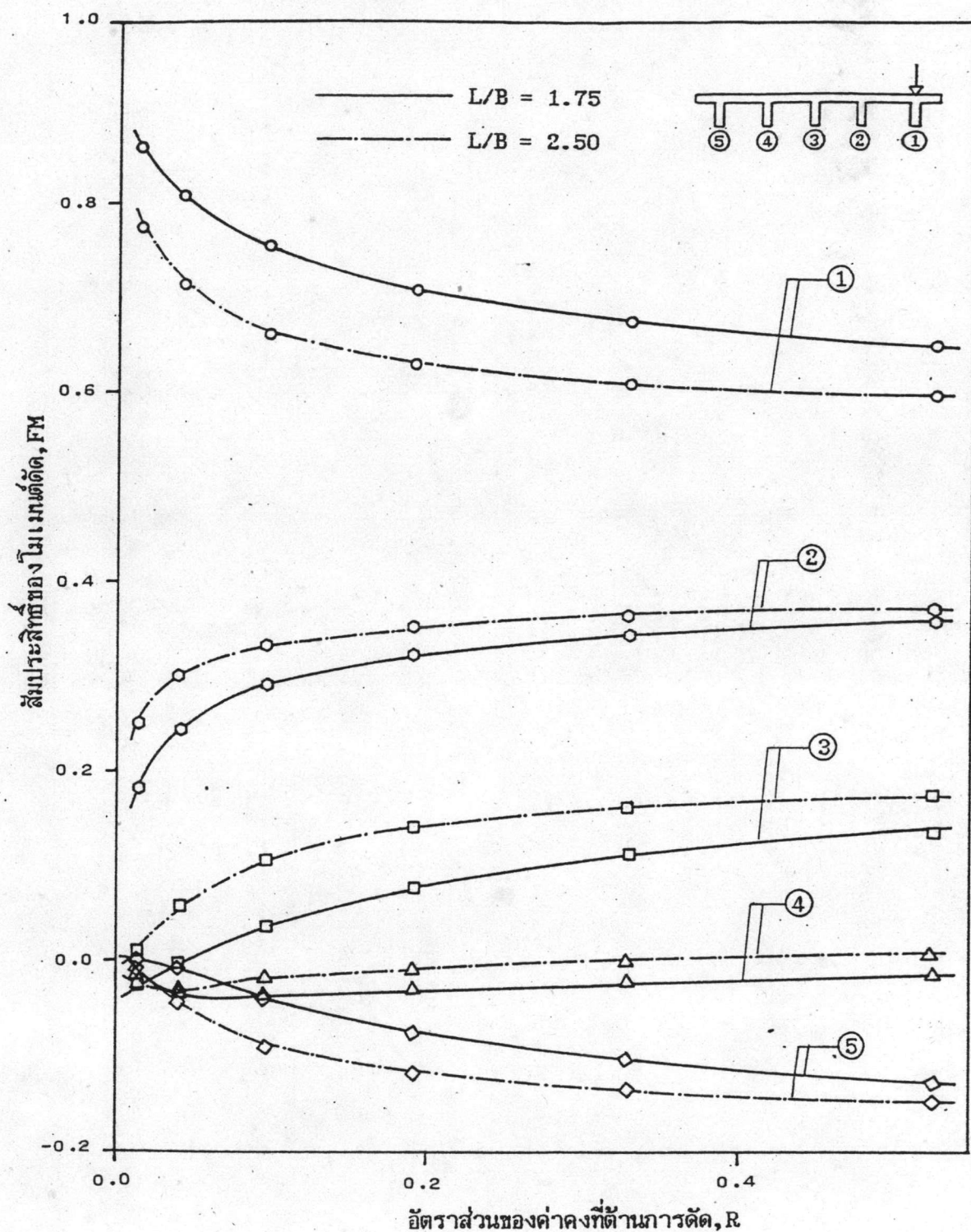
รูปที่ ข.7 สัมประสิทธิ์ของแรงปฏิกิริยาตามอัตราส่วนของค่าคงที่ตำแหน่งการตัด
(จำนวนคานขวาง = 1)



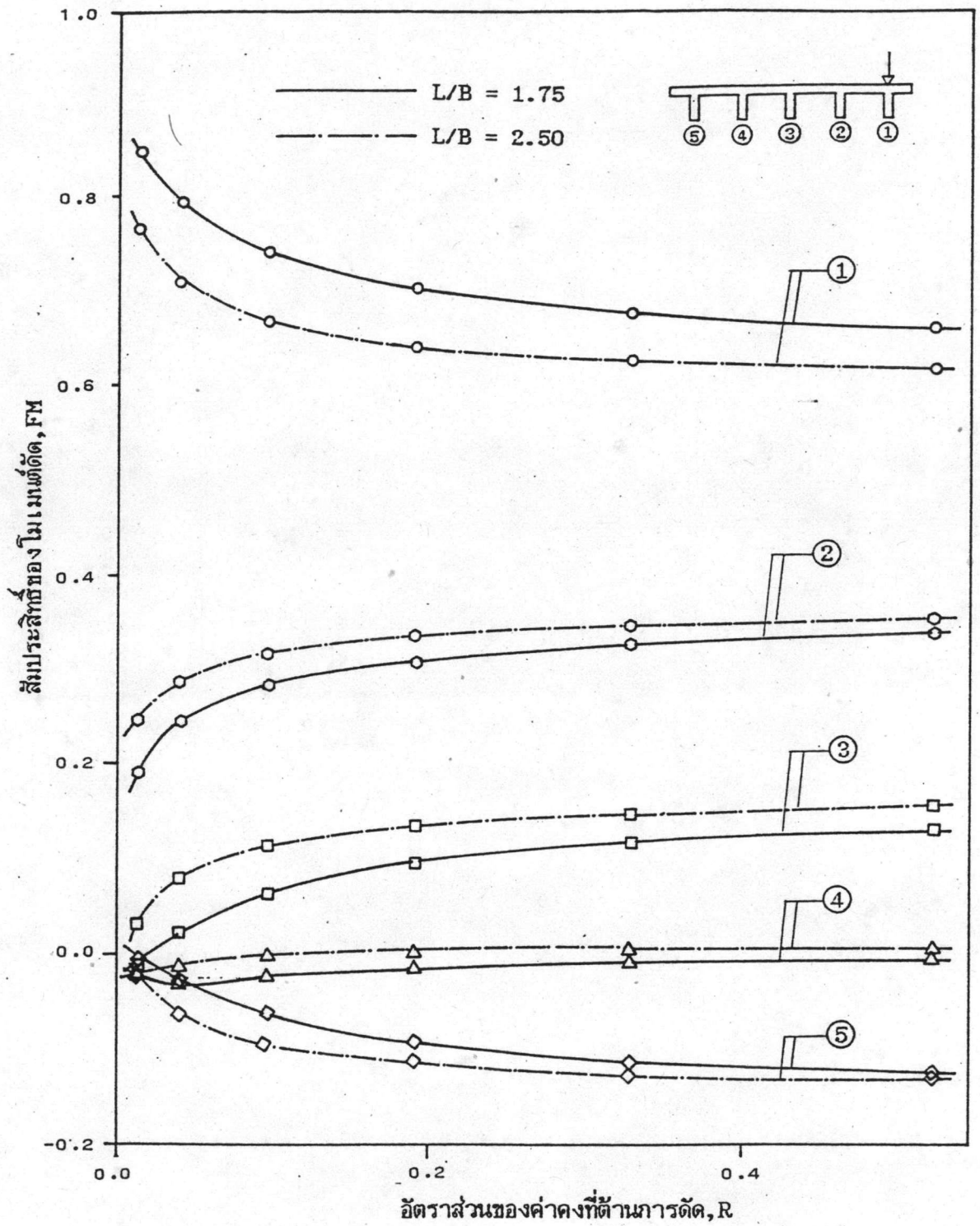
รูปที่ ๗.๘ สัมประสิทธิ์ของแรงปฏิกิริยาตามอัตราส่วนของค่าคงที่ต้านการดัด
(จำนวนคานขวาง = 3)



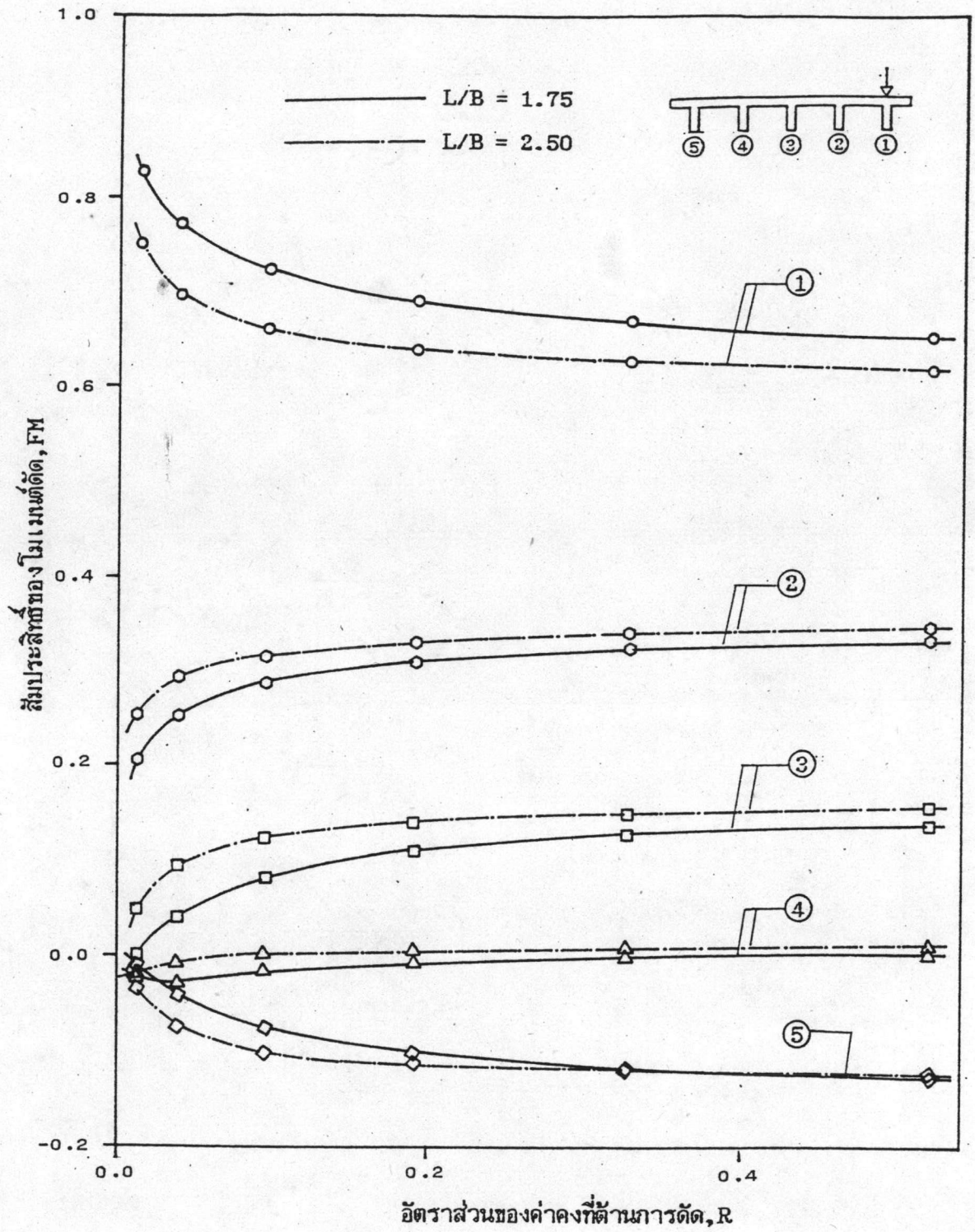
รูปที่ ๗.๙ สัมประสิทธิ์ของแรงปฏิกิริยาตามอัตราส่วนของค้ำตั้งที่ตํานการตัด
(จำนวนคานขวาง = 5)



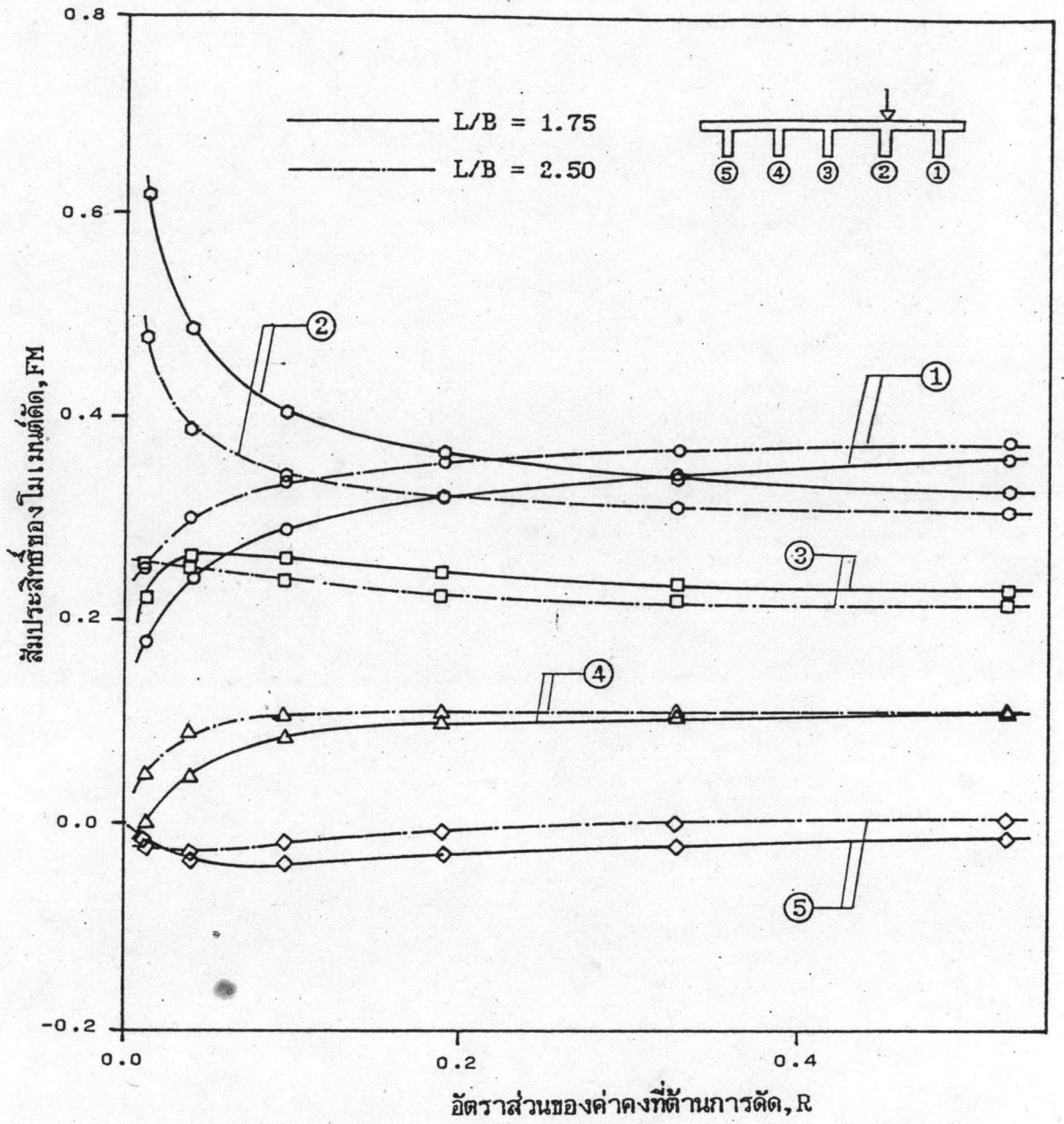
รูปที่ ข.10 สัมประสิทธิ์ของโมเมนต์ตัดตามอัตราส่วนของค่าคงที่ด้านหารตัด
(จำนวนคานขวาง = 1)



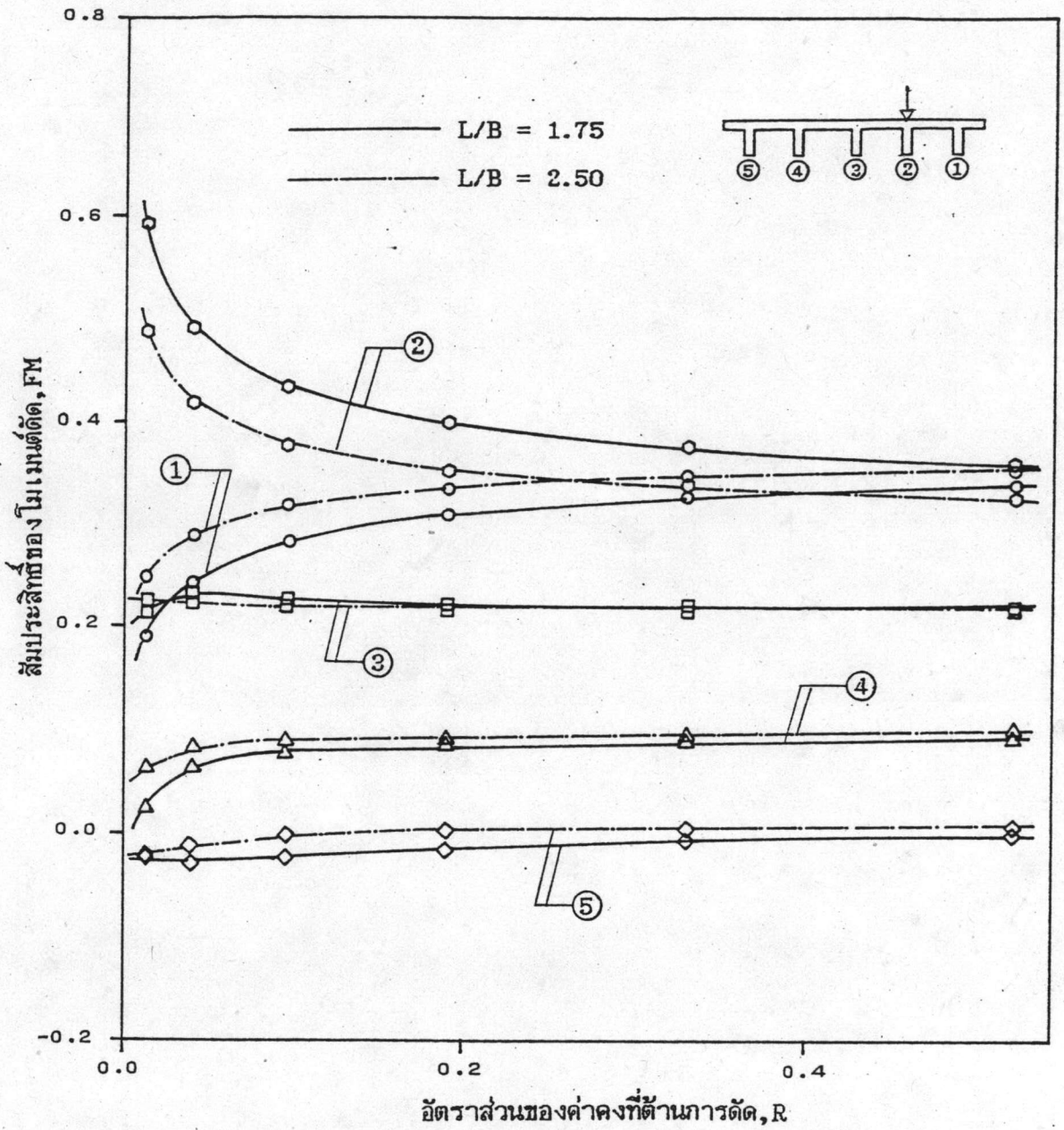
รูปที่ ๗.๑๑ สัมประสิทธิ์ของโมเมนต์ตัดตามอัตราส่วนของค่าคงที่ด้านยาวตัด
(จำนวนคานขวาง = 3)



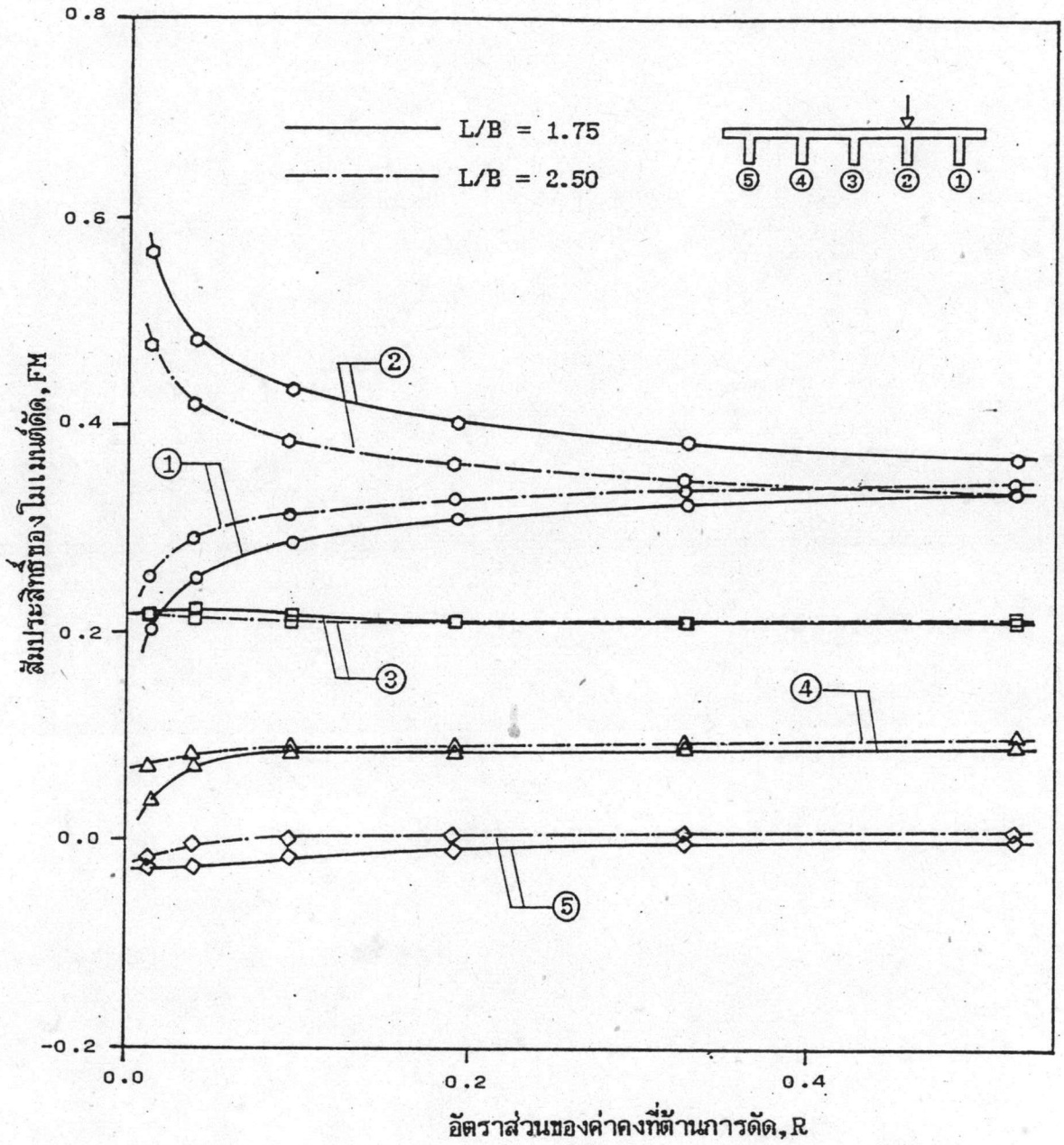
รูปที่ ข.12 สัมประสิทธิ์ของโมเมนต์ตัดตามอัตราส่วนของค่าคงที่ต้านการตัด
(จำนวนคานขวาง = 5)



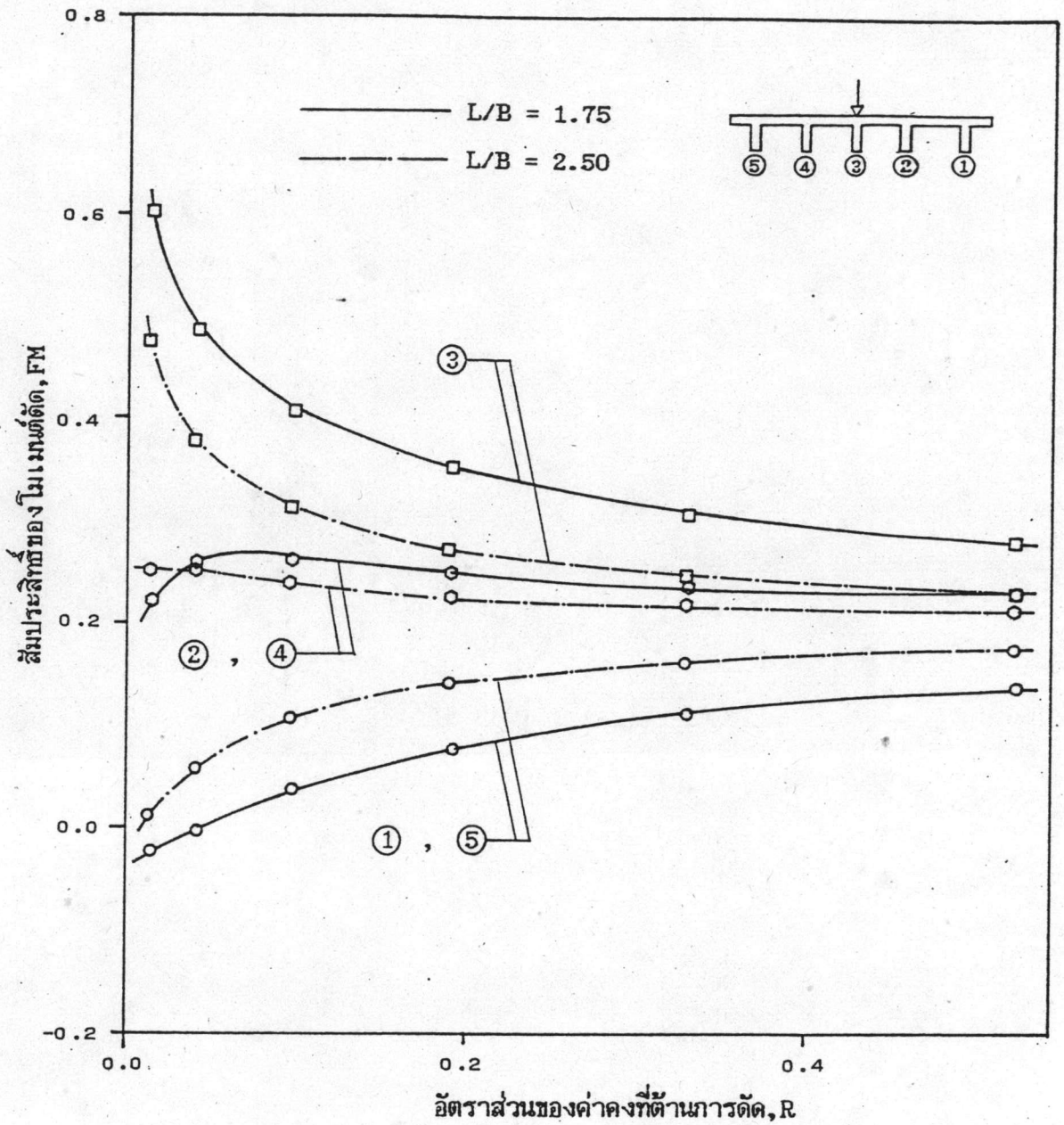
รูปที่ ข.13 สัมประสิทธิ์ของโมเมนต์ดัดตามอัตราส่วนของค่าคงที่ด้านการดัด
(จำนวนคานขวาง = 1)



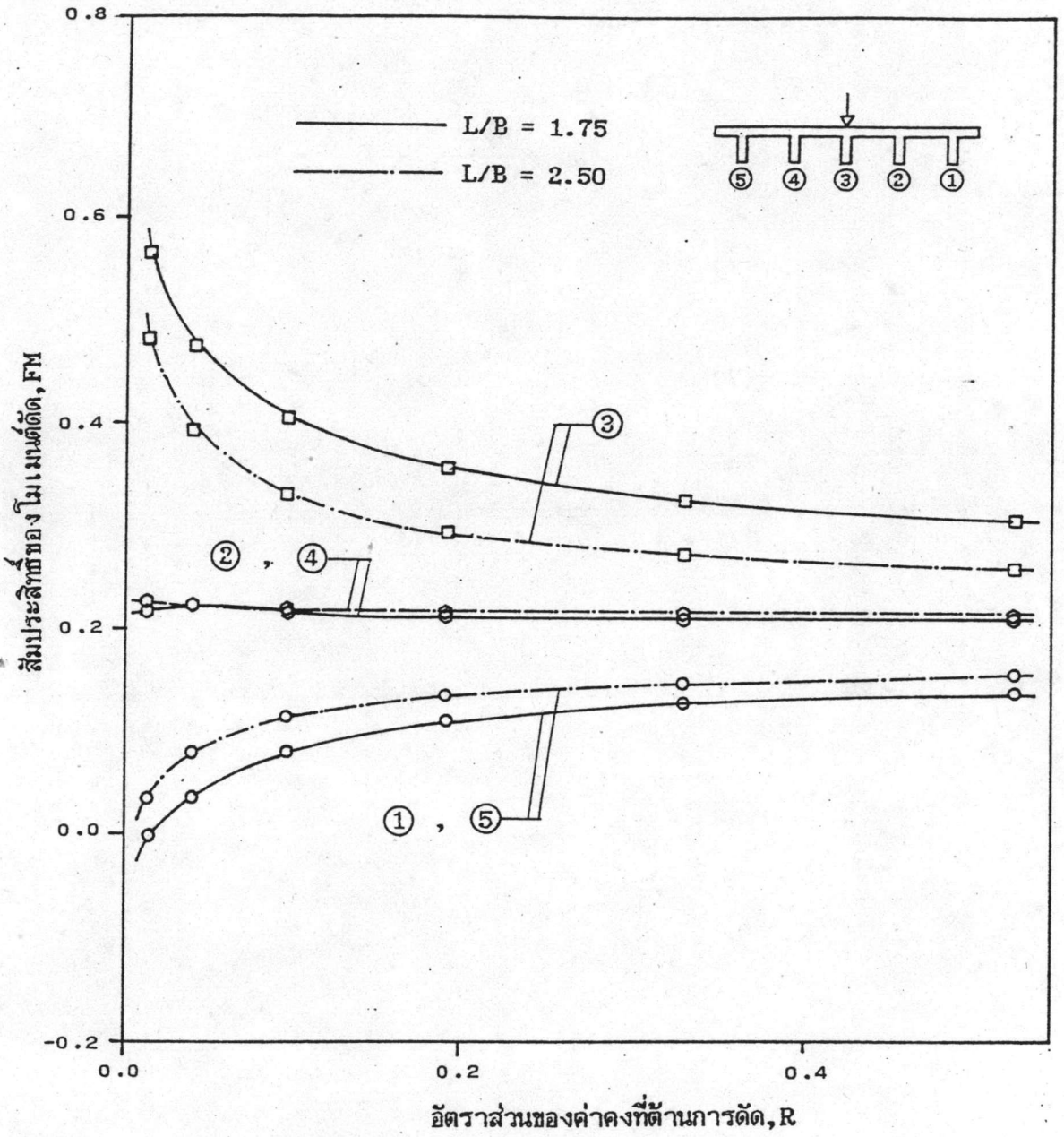
รูปที่ ข.14 สัมประสิทธิ์ของโมเมนต์ตัดตามอัตราส่วนของค่าคงที่ด้านการตัด
(จำนวนคานขวาง = 3)



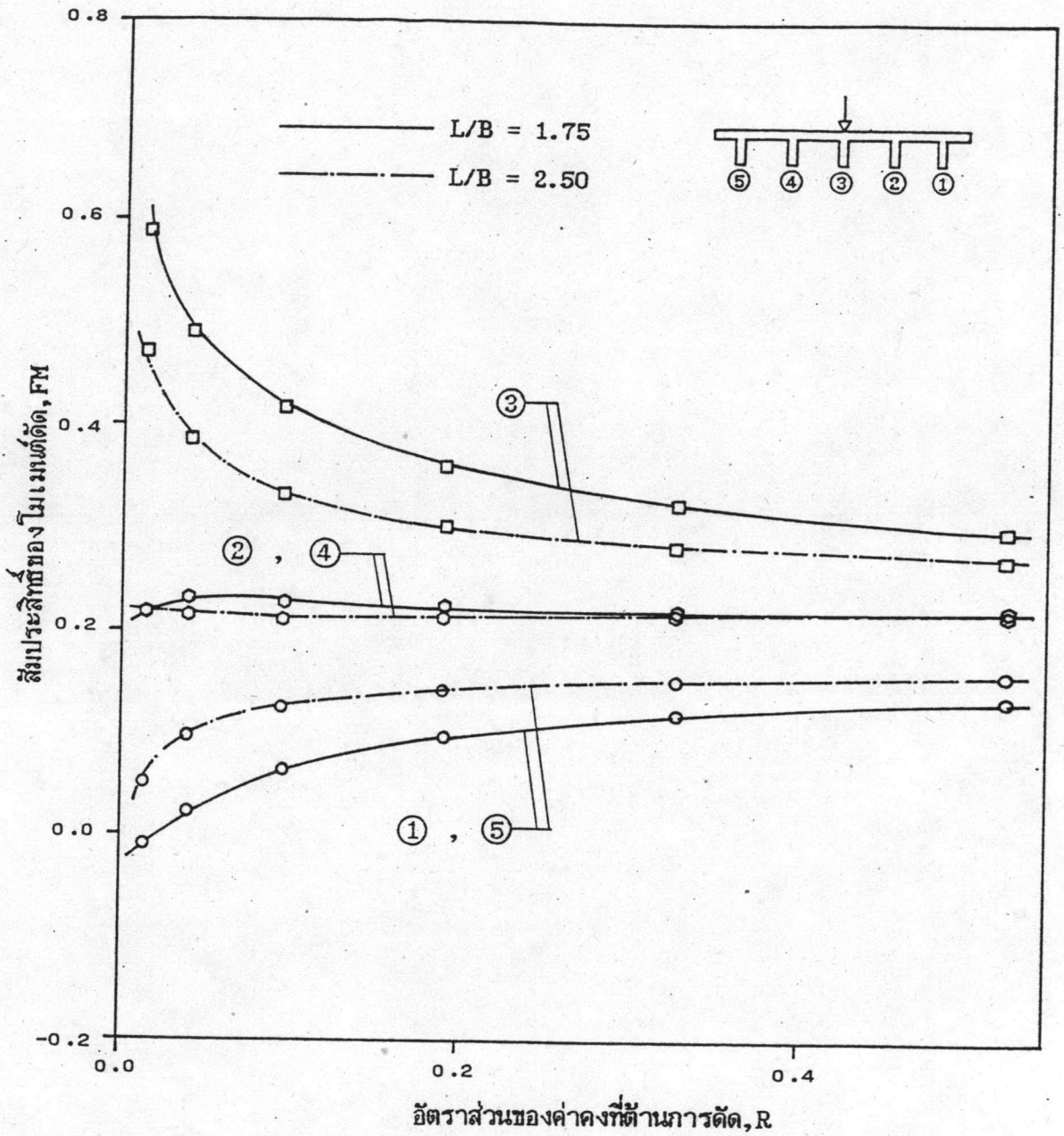
รูปที่ ข.15 สัมประสิทธิ์ของโมเมนต์ตัดตามอัตราส่วนของค่าคงที่ที่ต้านการตัด
(จำนวนคานขวาง = 5)



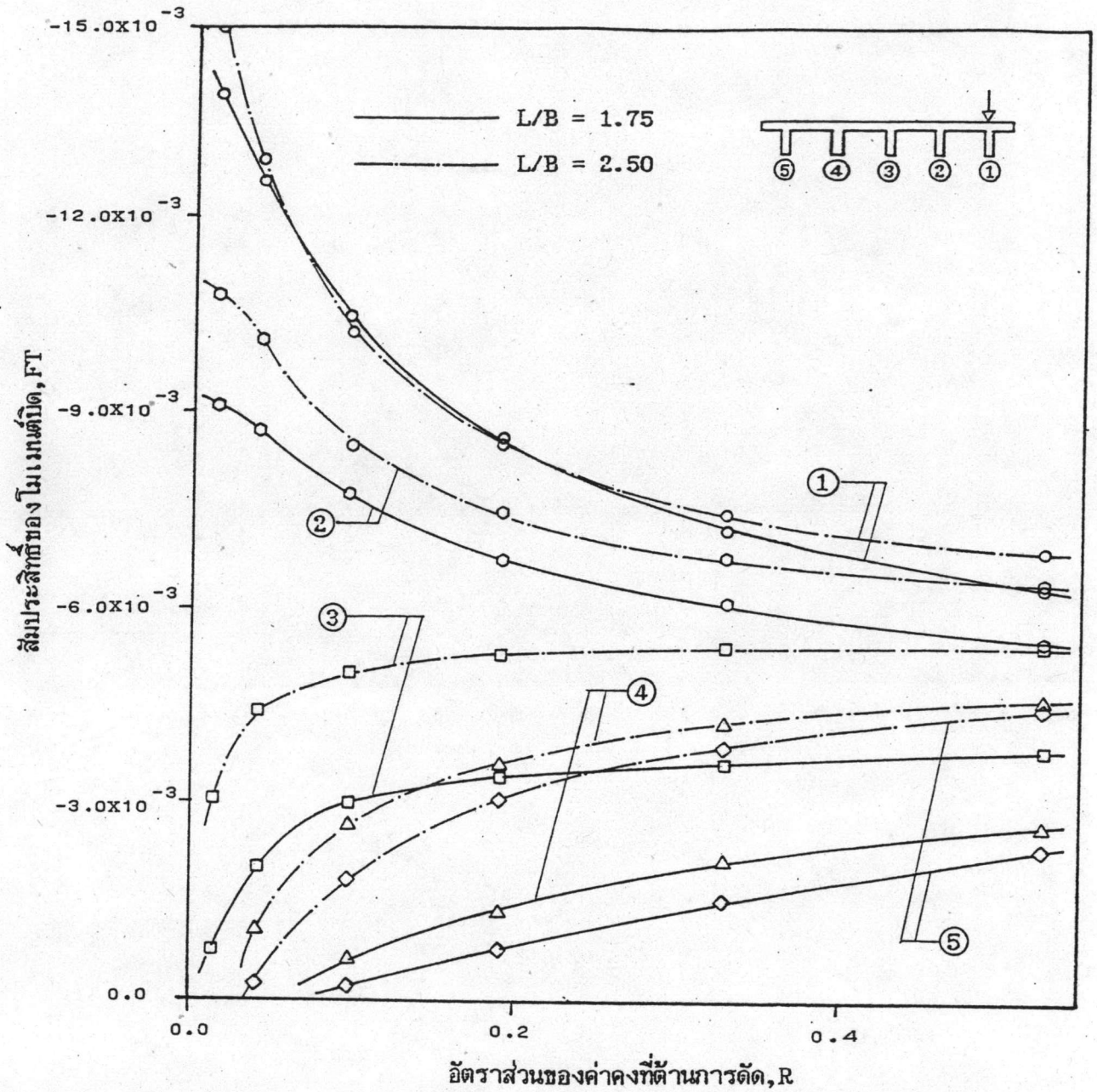
รูปที่ ๗.16 สัมประสิทธิ์ของโมเมนต์ดัดตามอัตราส่วนของค่าคงที่ด้านหารดัด
(จำนวนคานขวาง = 1)



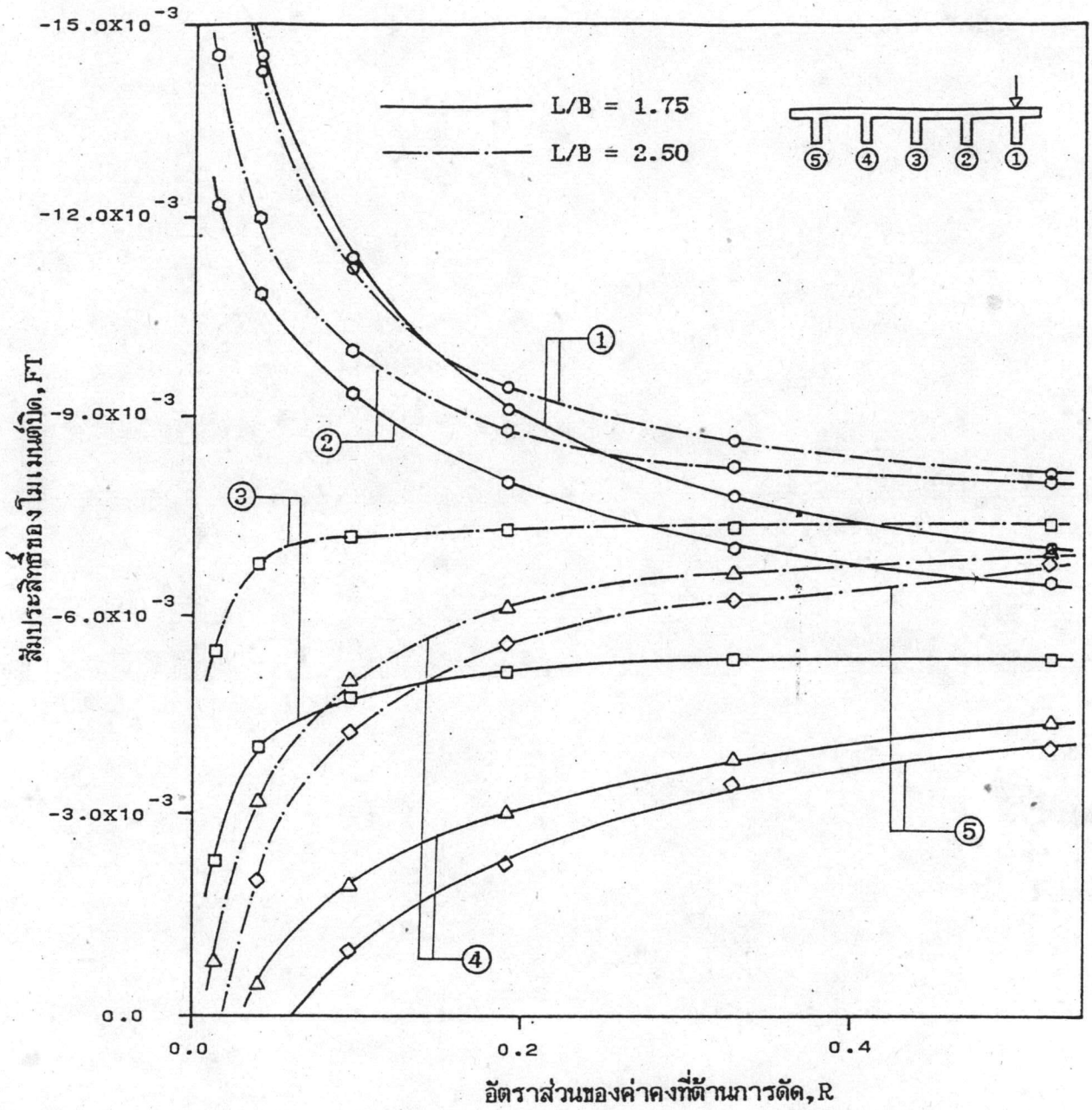
รูปที่ ข.17 สัมประสิทธิ์ของโมเมนต์ตัดตามอัตราส่วนของค่าคงที่ด้านการตัด
(จำนวนคานขวาง = 3)



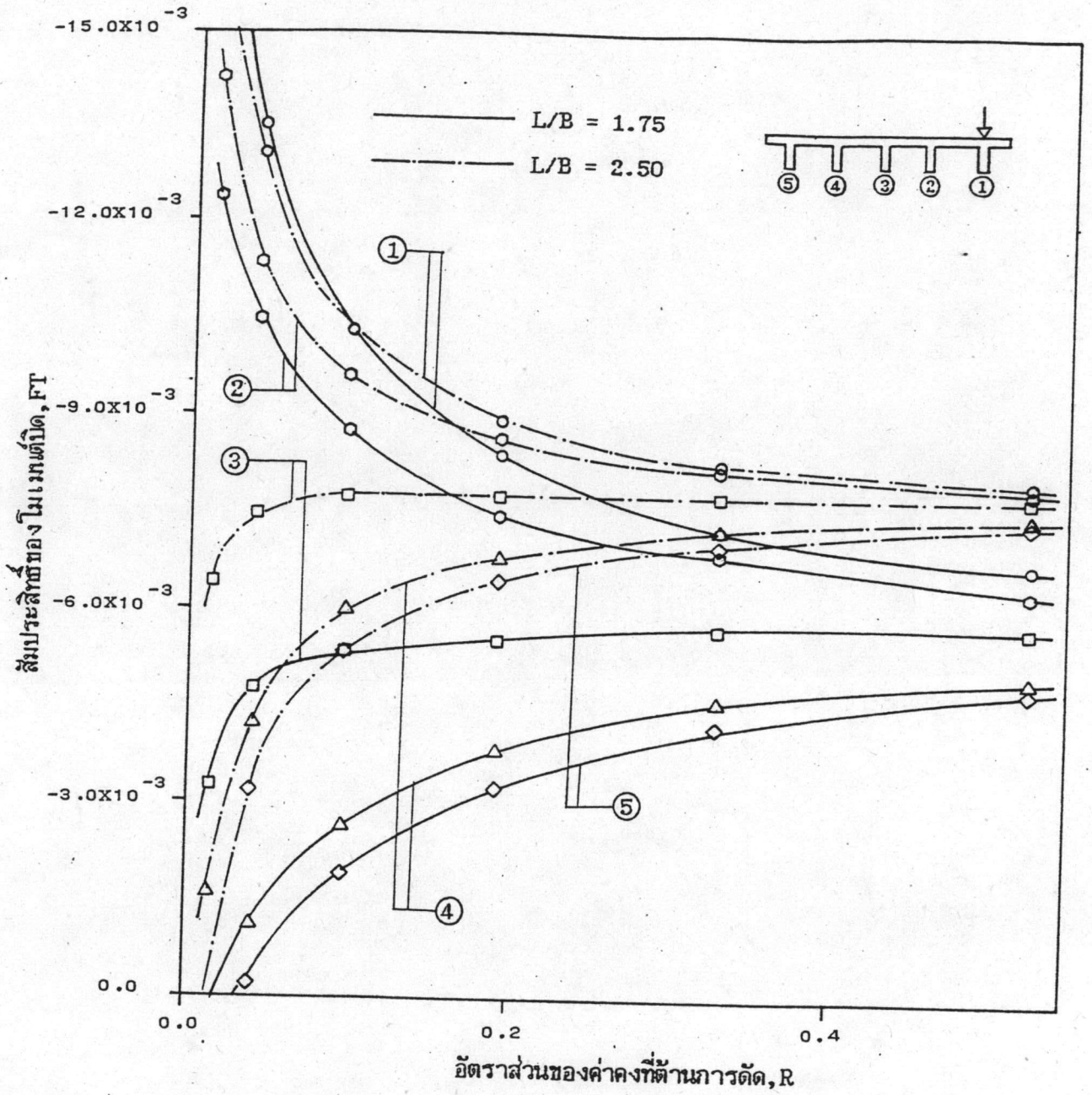
รูปที่ ข.18 สัมประสิทธิ์ของโมเมนต์ตัดตามอัตราส่วนของค่าคงที่ต้านการตัด
(จำนวนคานขวาง = 5)



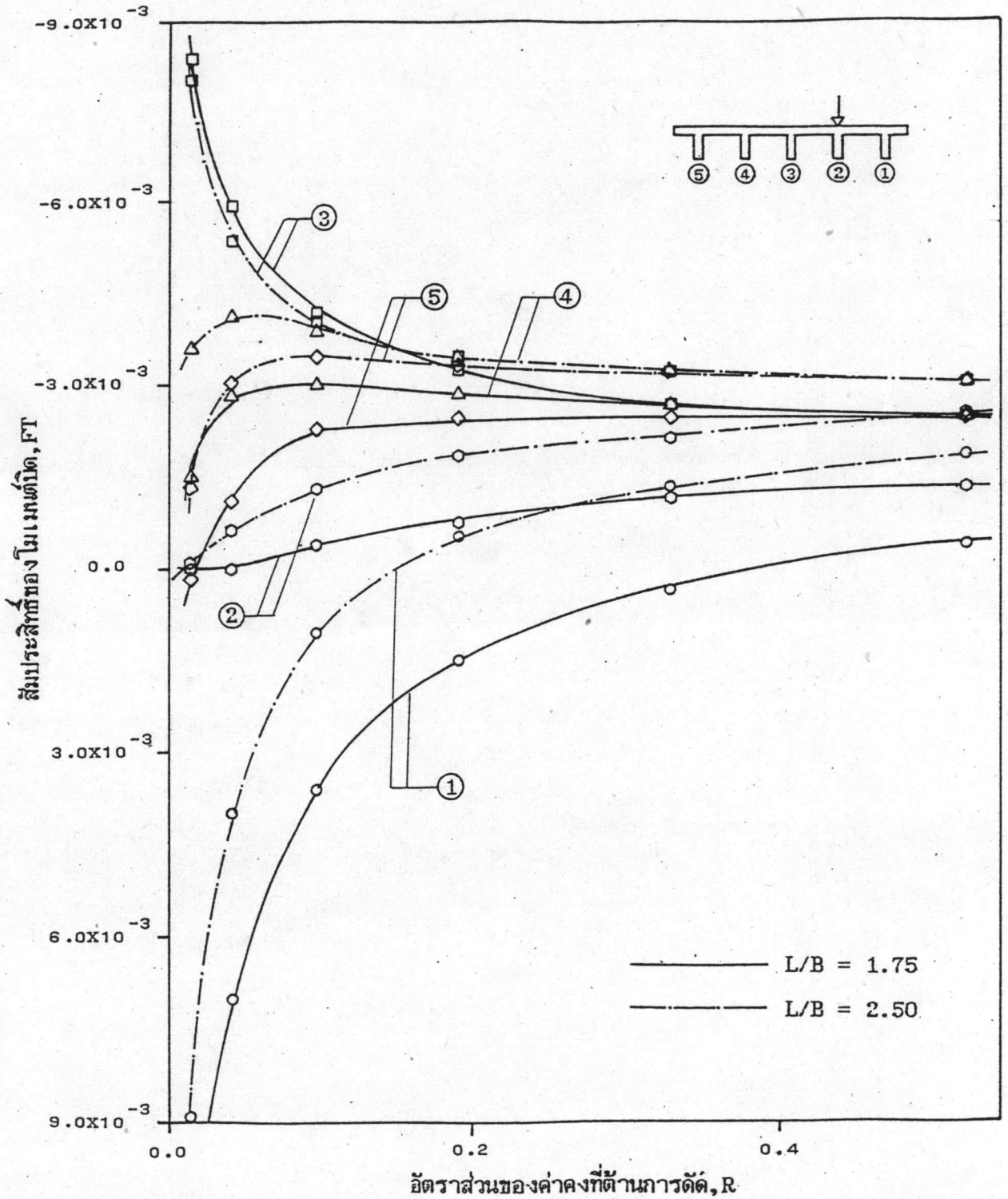
รูปที่ ข.19 สัมประสิทธิ์ของโมเมนต์บิดตามอัตราส่วนของค่าคงที่ด้านหารัด, R
(จำนวนคานขวาง = 1)



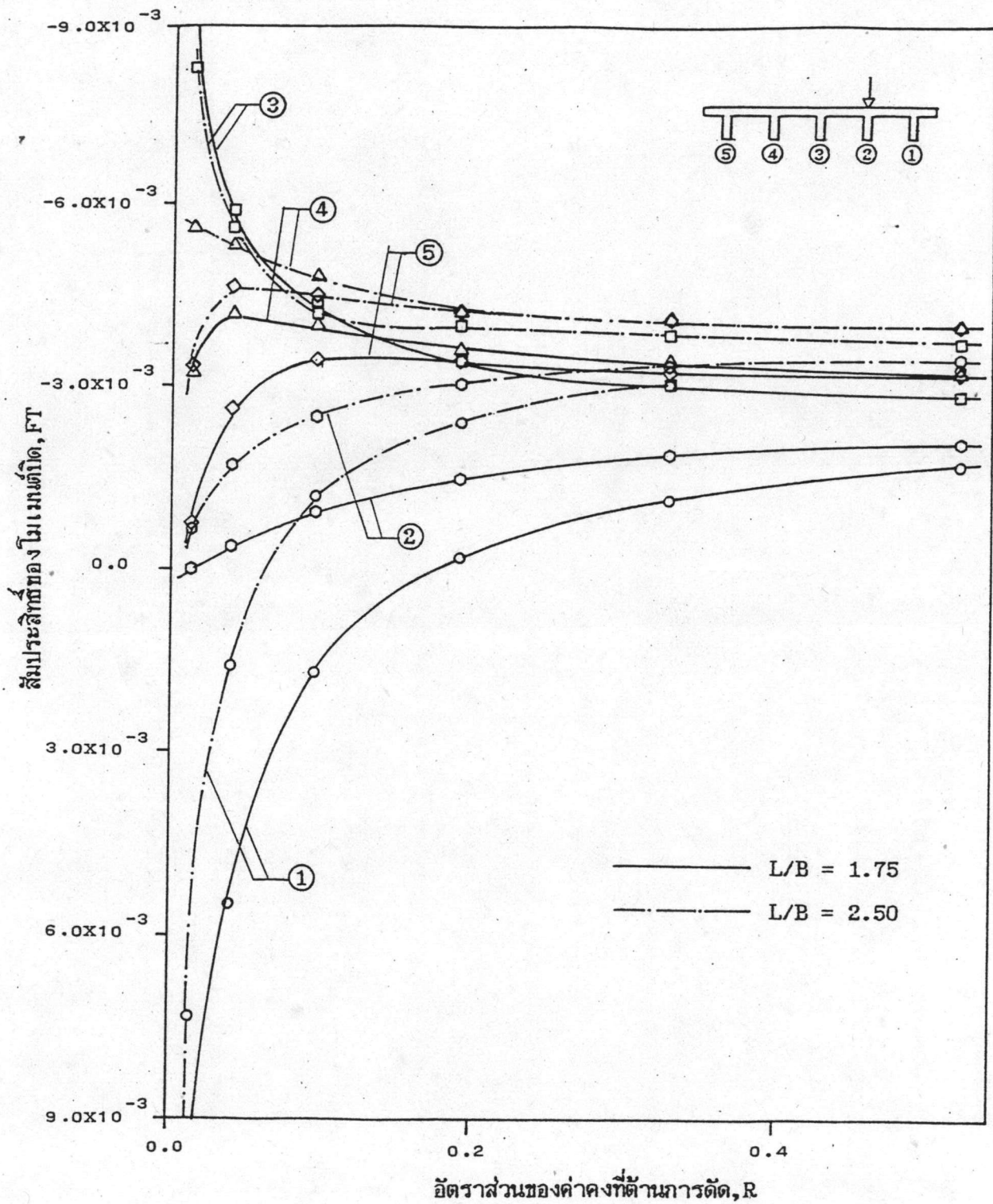
รูปที่ ข.20 สัมประสิทธิ์ของโมเมนต์ปิดตามอัตราส่วนของค่าคงที่ด้านหารัด, R
(จำนวนคานขวาง = 3)



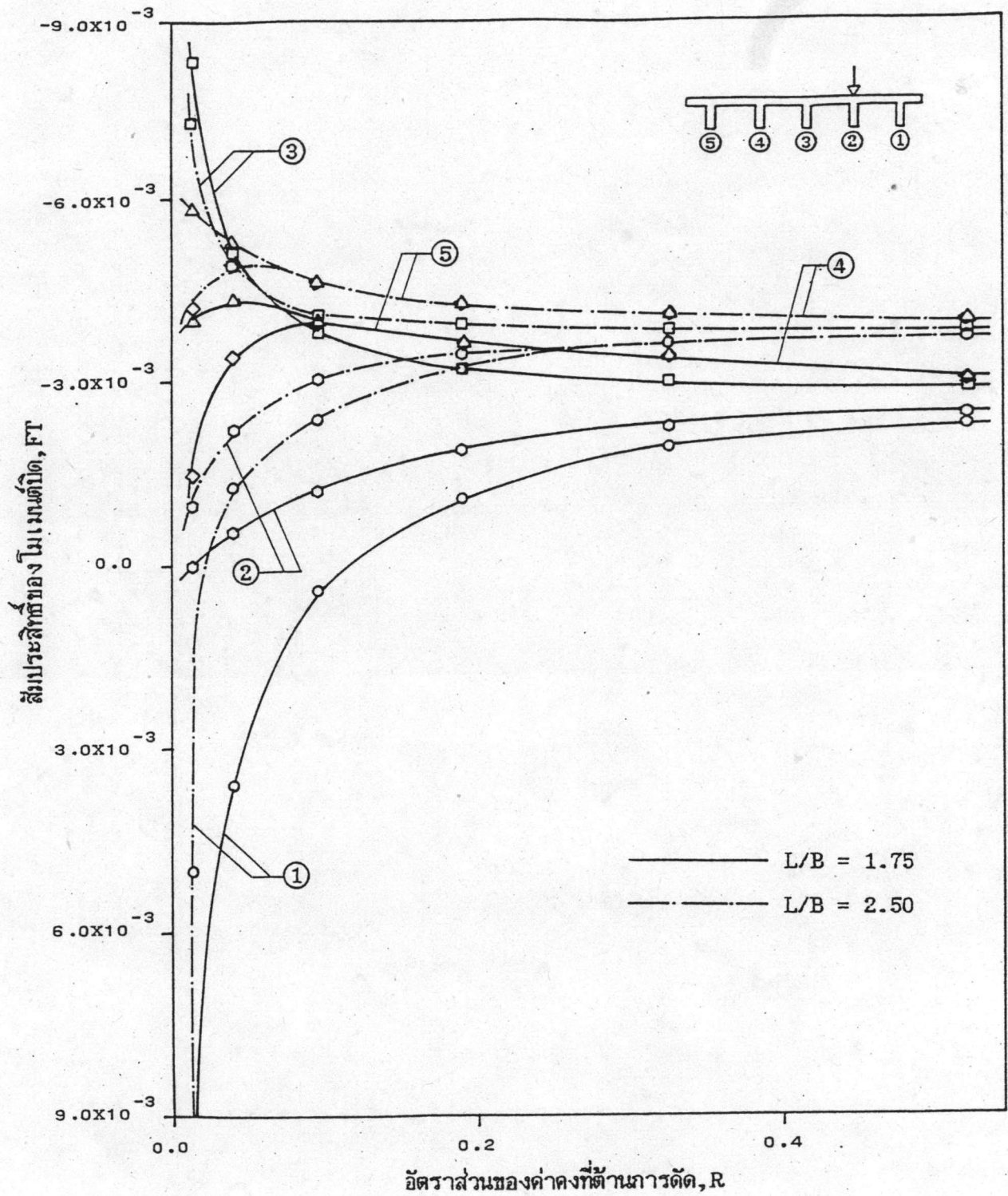
รูปที่ ข.21 สัมประสิทธิ์ของโมเมนต์บิดตามอัตราส่วนของค่าคงที่ที่ต้านการดัด
(จำนวนคานขวาง = 5)



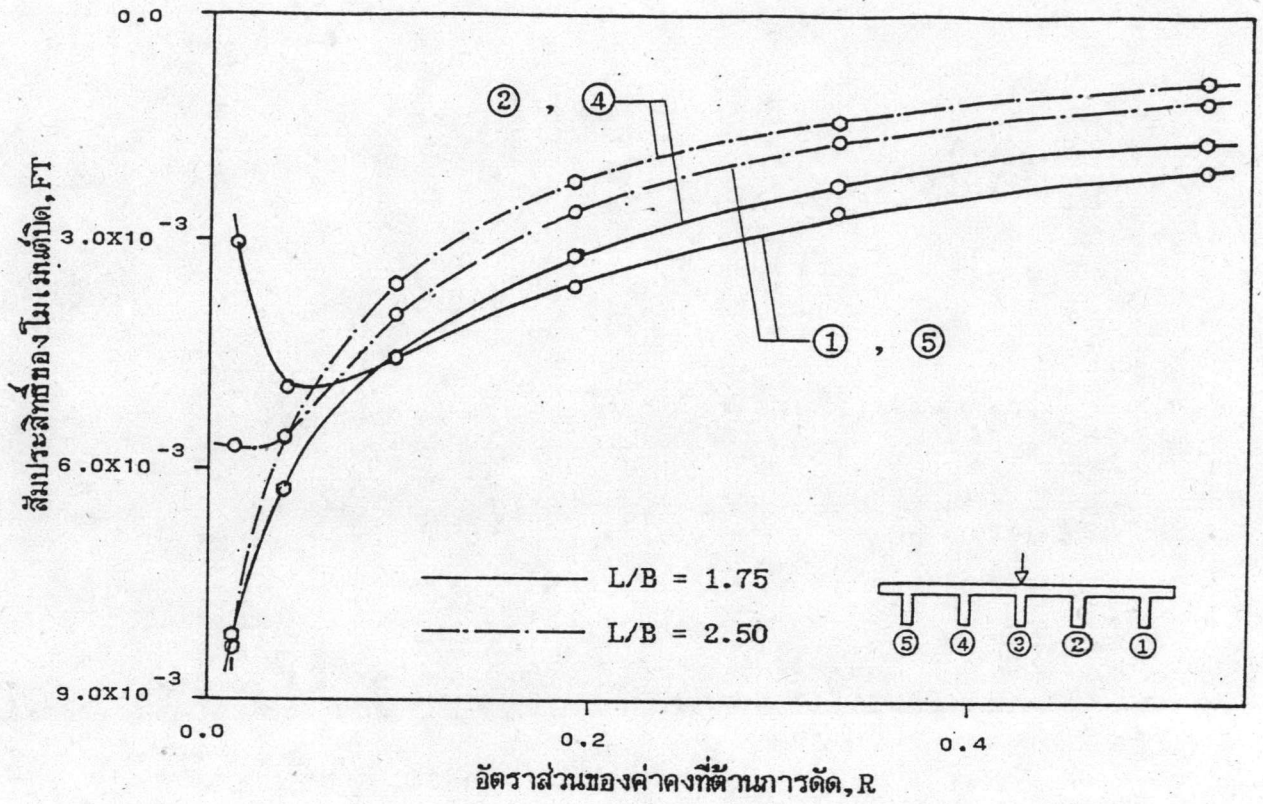
รูปที่ ๒.๒๒ สัมประสิทธิ์ของโมเมนต์บิดตามอัตราส่วนของค่าคงที่ด้านถาวรตัด, R
(จำนวนคานขวาง = 1)



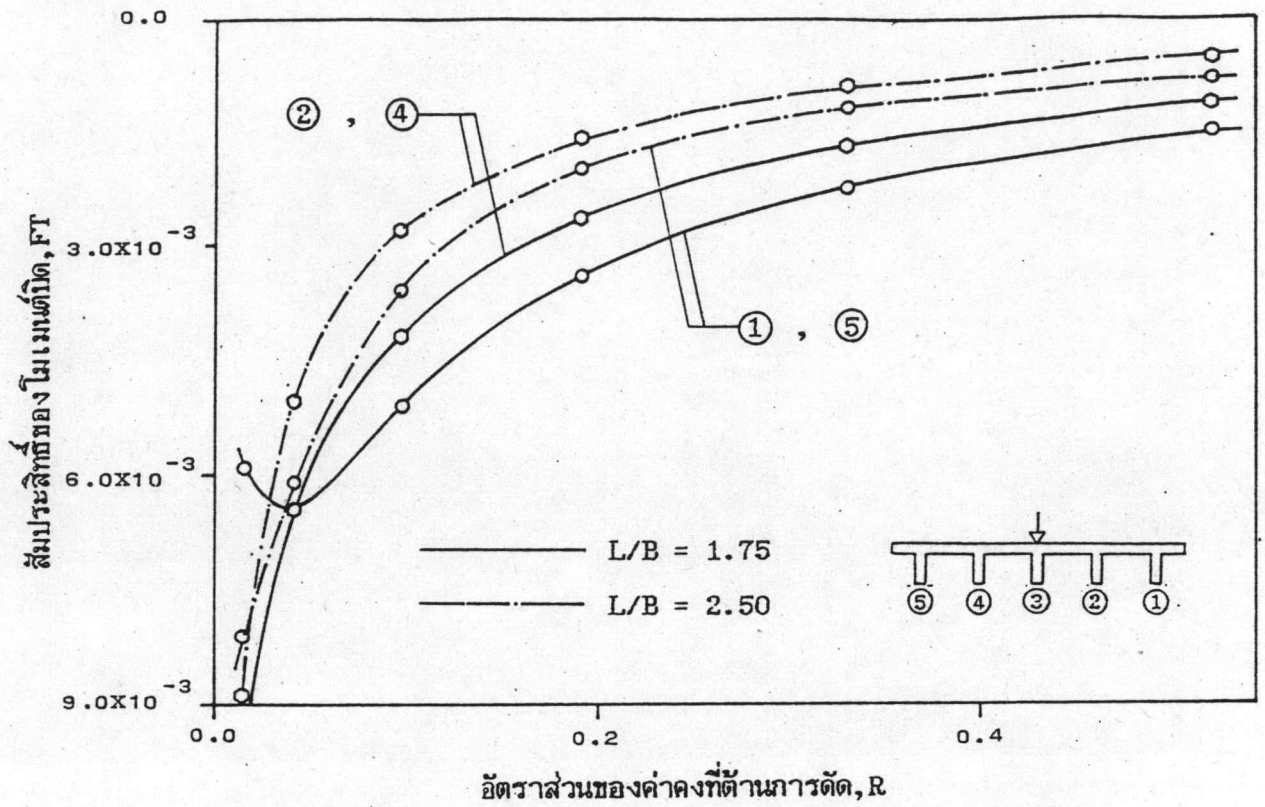
รูปที่ ข.23 สัมประสิทธิ์ของโมเมนต์บิดตามอัตราส่วนของค่าคงที่ต้านการดัด
(จำนวนคานขวาง = 3)



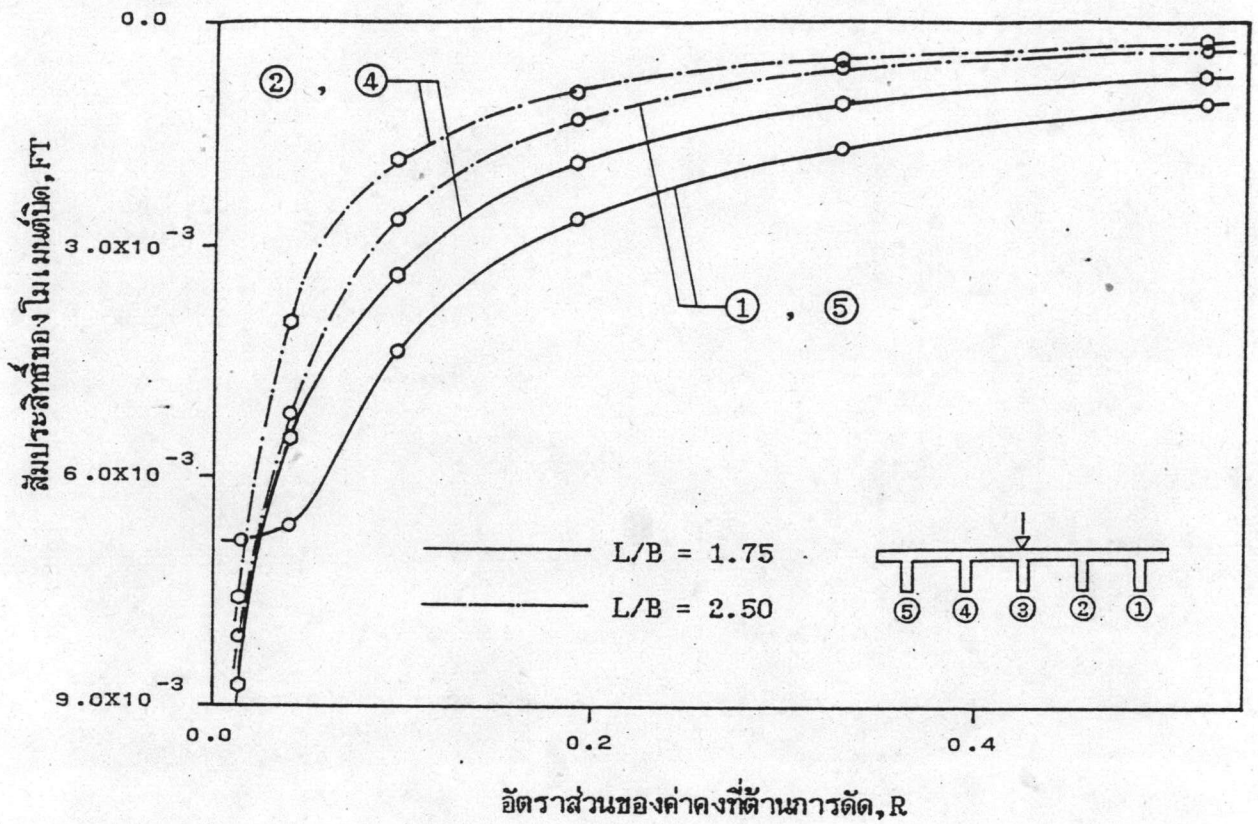
รูปที่ ๒.๒๔ สัมประสิทธิ์ของโมเมนต์บิดตามอัตราส่วนของค่าคงที่ด้านกาารัด
(จำนวนคานขวาง = 5)



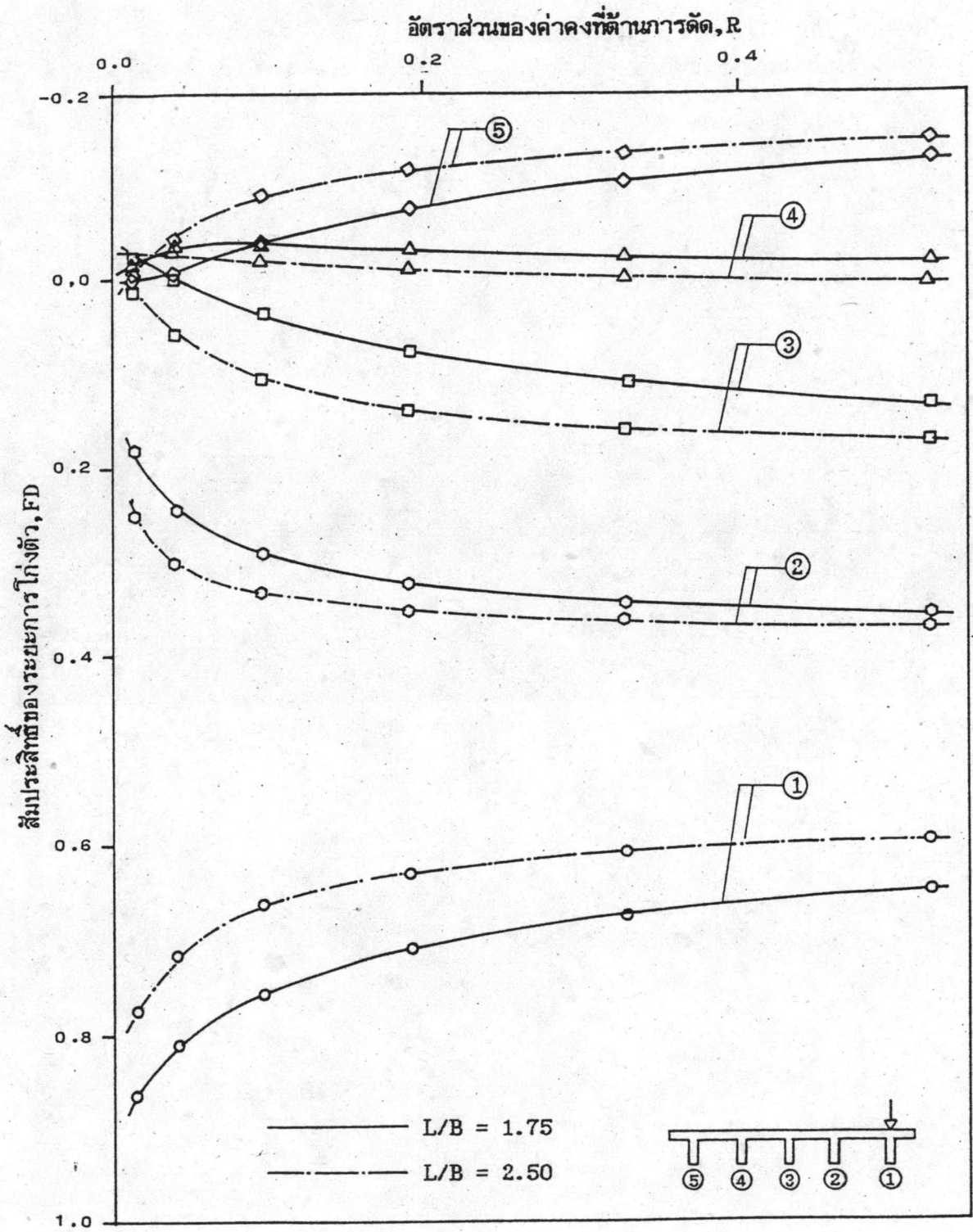
รูปที่ ข.25 สัมประสิทธิ์ของ โมเมนต์บิดตามอัตราส่วนของค่าคงที่ด้านการดัด
(จำนวนคานขวาง = 1)



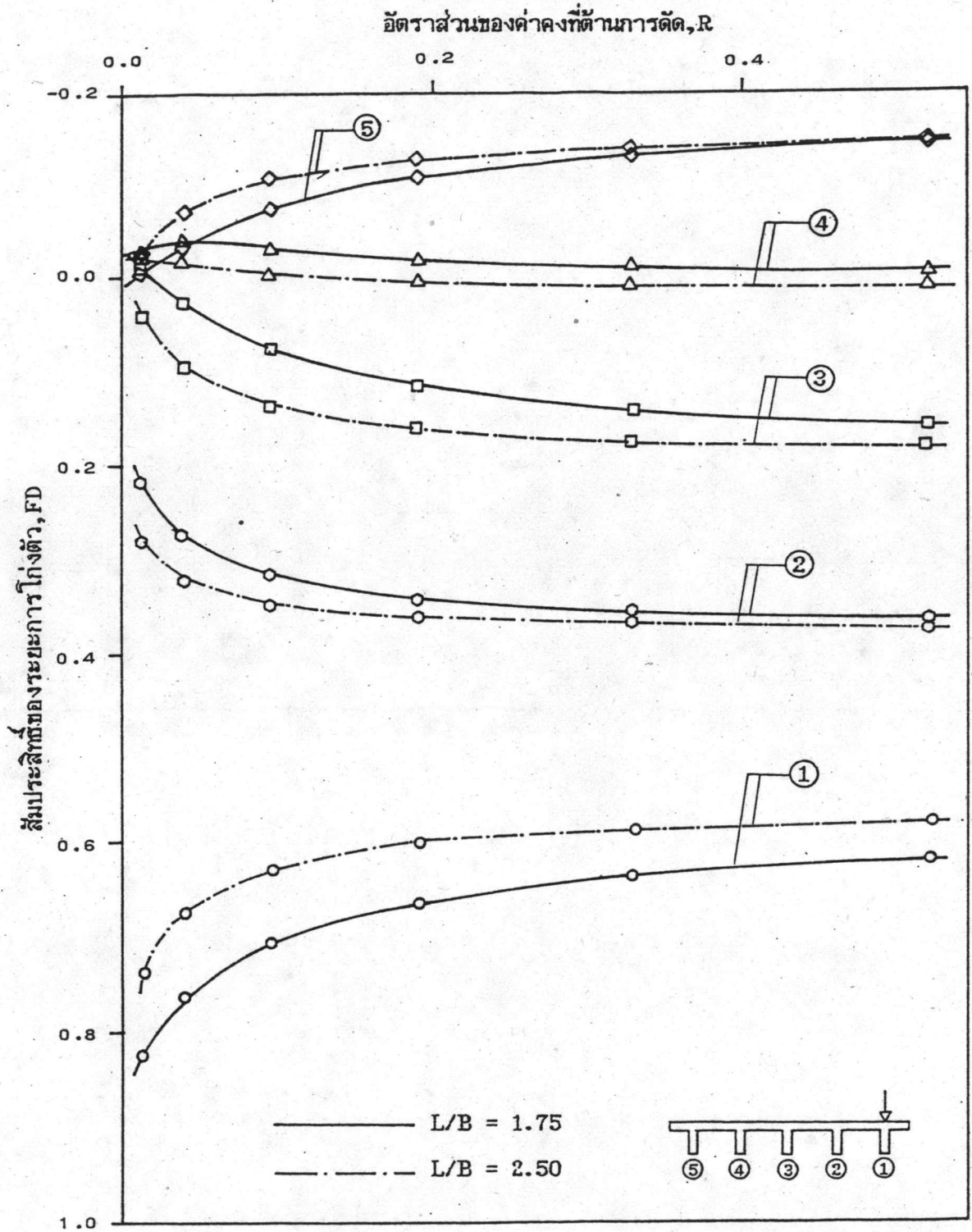
รูปที่ ๒.๒๖ สัมประสิทธิ์ของโมเมนต์บิดตามอัตราส่วนของค่าคงที่ด้านหารัด
(จำนวนคานขวาง = 3)



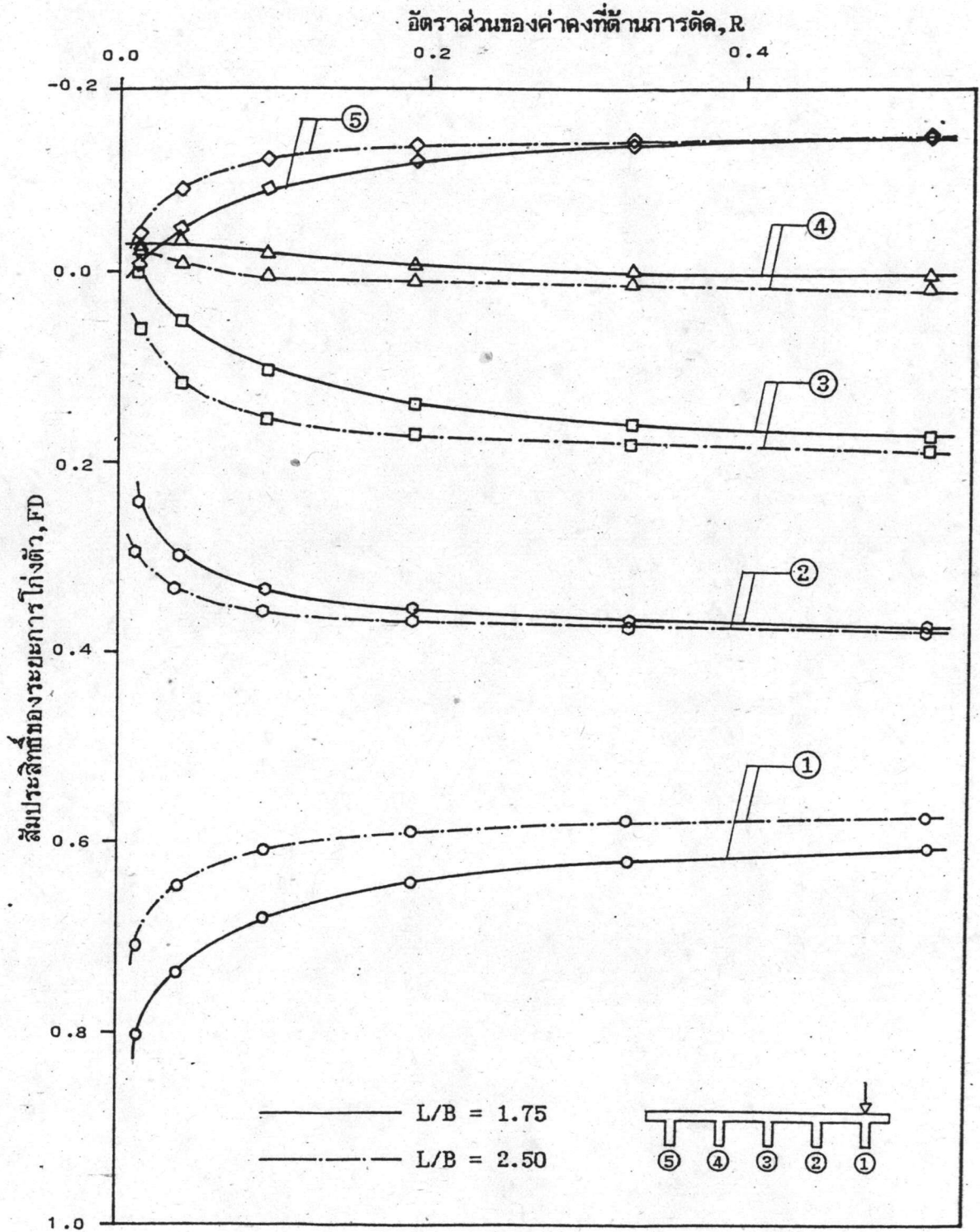
รูปที่ ข.27 สัมประสิทธิ์ของโมเมนต์บิดตามอัตราส่วนของค่าคงที่ต้านการดัด (จำนวนคานขวาง = 5)



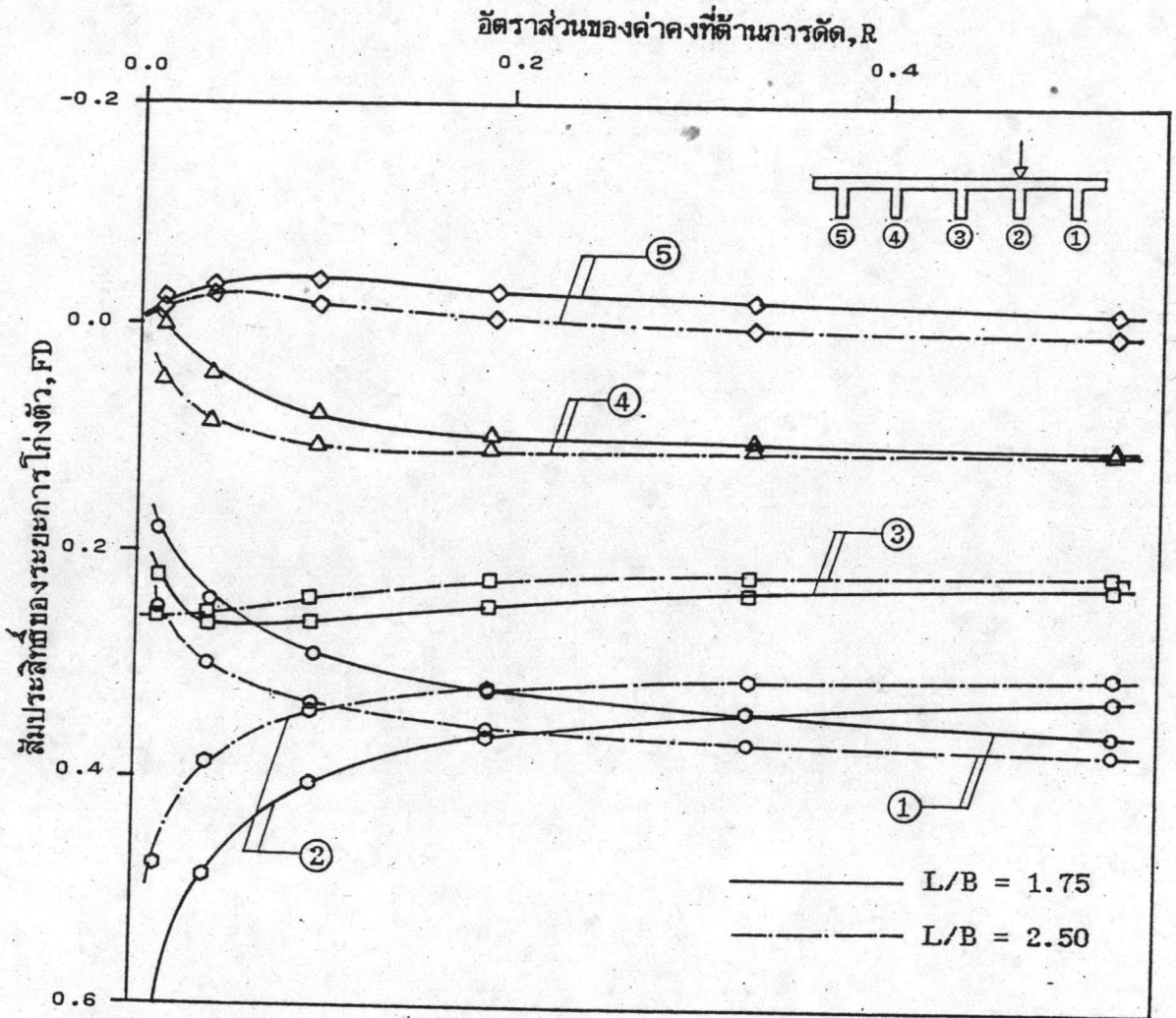
รูปที่ ๒.๒๘ สัมประสิทธิ์ของระขะการโค้งตัวตามอัตราส่วนของค่าคงที่ด้านหารัด (จำนวนคานขวาง = 1)



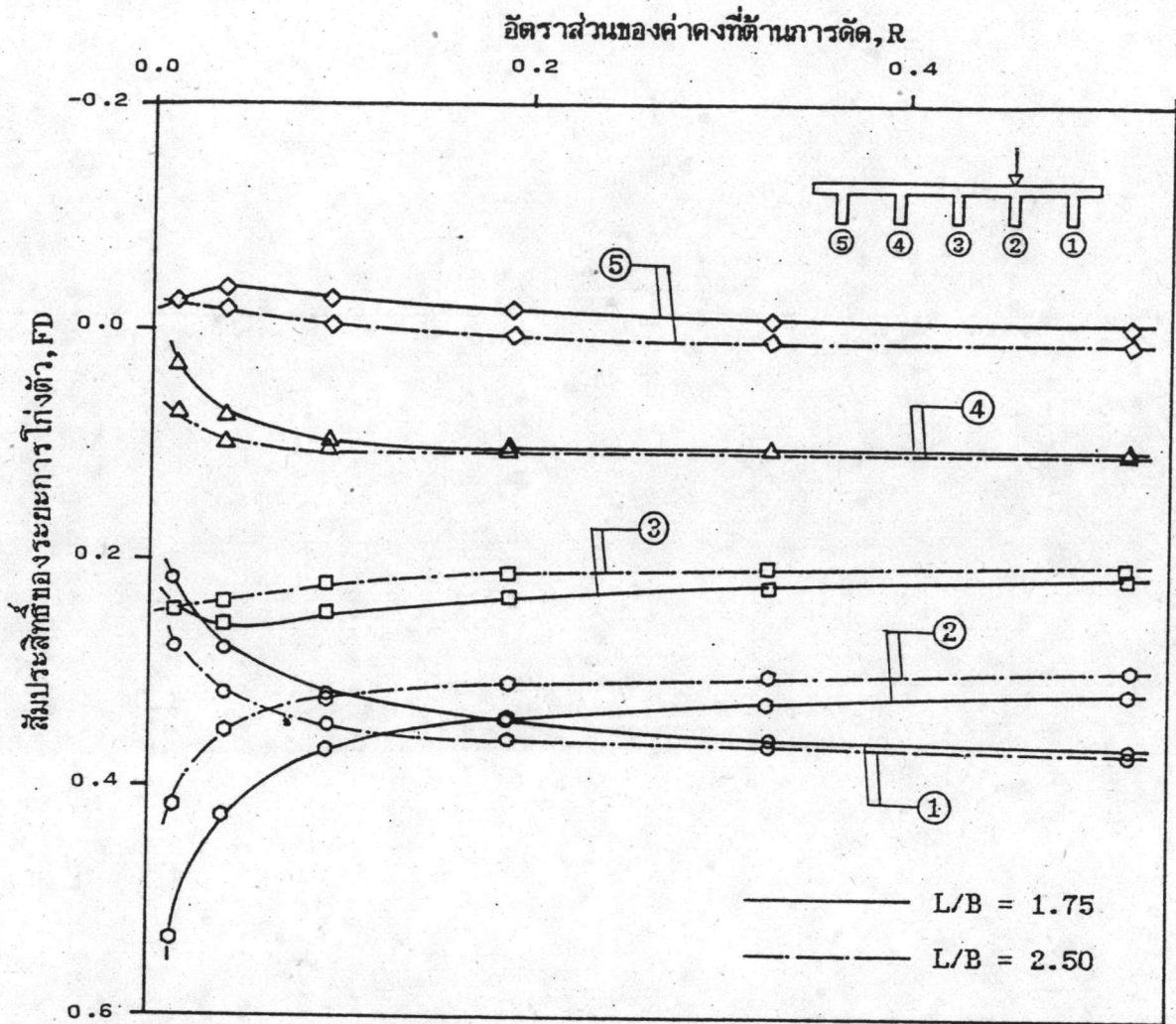
รูปที่ ข.29 สัมประสิทธิ์ของระยะการโก่งตัวตามอัตราส่วนของค่าคงที่ด้านการตัด
(จำนวนคานขวาง = 3)



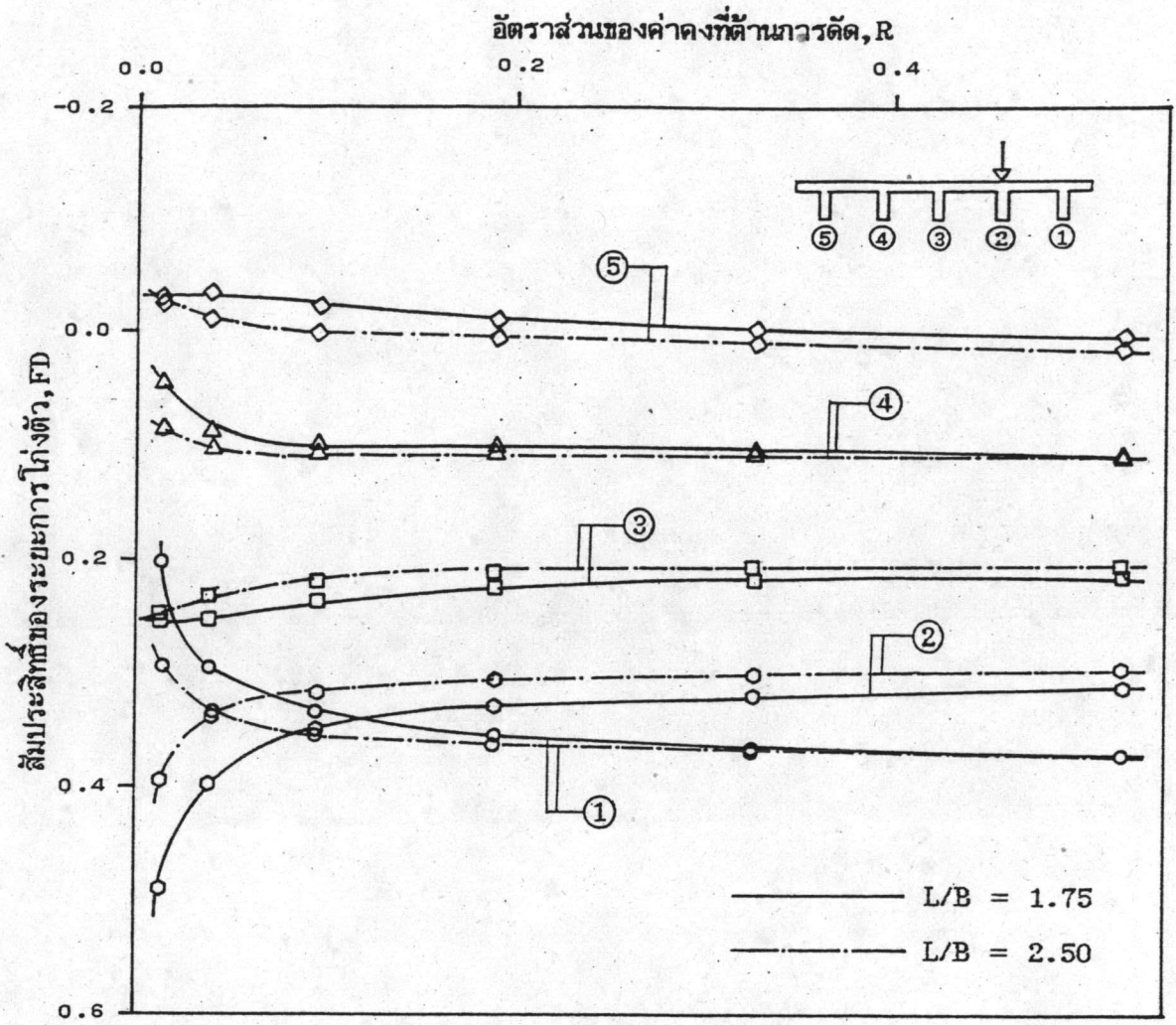
รูปที่ ๓.30 สัมประสิทธิ์ของระยะการโค้งตัวตามอัตราส่วนของค่าคงที่ด้านหารตัด (จำนวนคานขวาง = 5)



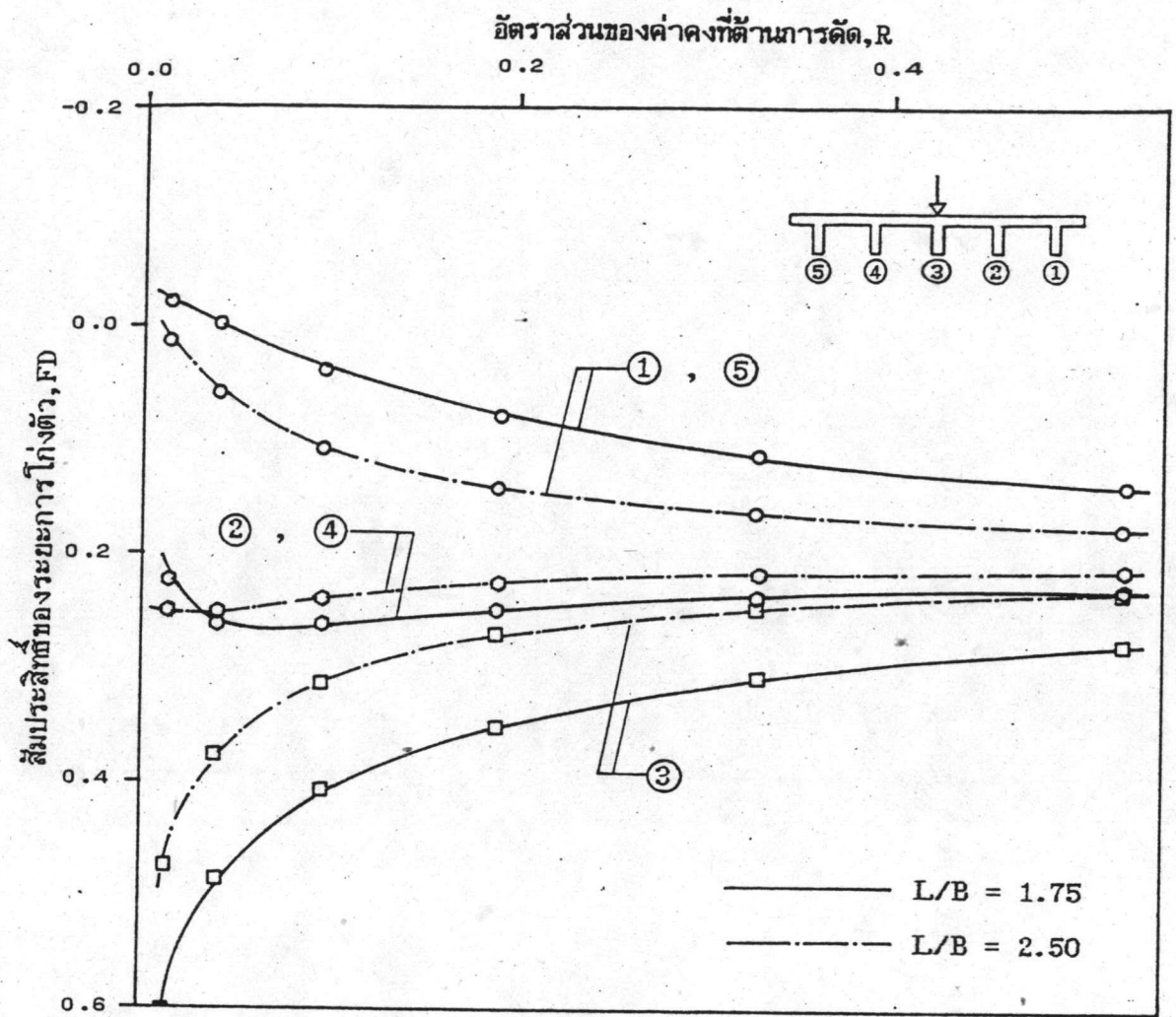
รูปที่ ข.31 สัมประสิทธิ์ของระยะการโก่งตัวตามอัตราส่วนของค่าคงที่ด้านภาวตัด
(จำนวนคานขวาง = 1)



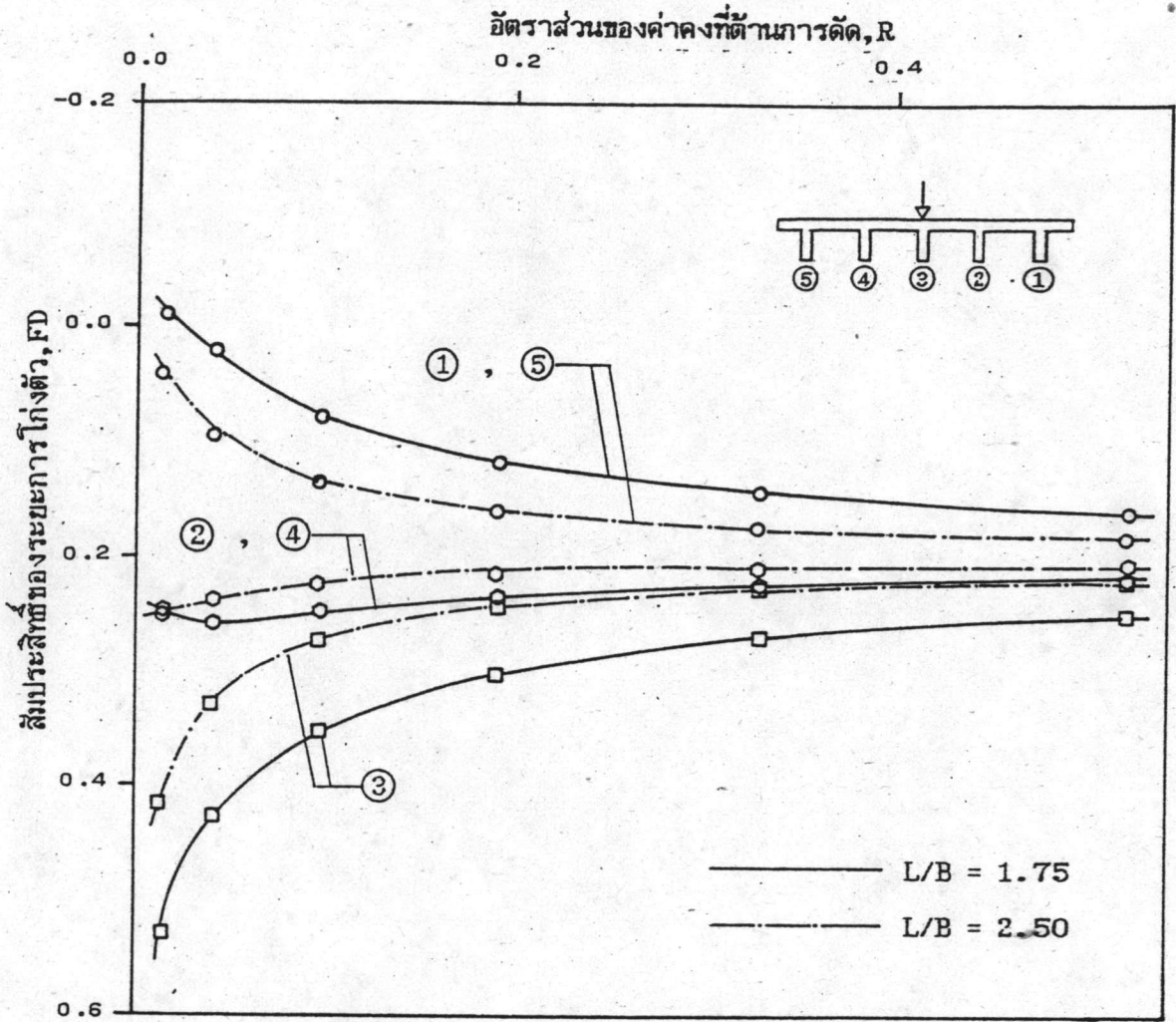
รูปที่ ข.32 สัมประสิทธิ์ของระยะการโก่งตัวตามอัตราส่วนของค้ำคองที่ต้านการดัด (จำนวนคานขวาง = 3)



รูปที่ ข.33 สัมประสิทธิ์ของระยะการโก่งตัวตามอัตราส่วนของค้ำคองที่ด้านยาวตัด
(จำนวนคานขวาง = 5)



รูปที่ ๒.34 สัมประสิทธิ์ของระยะการโก่งตัวตามอัตราส่วนของค่าคงที่ด้านหารตัด
(จำนวนคานขวาง = 1)



รูปที่ ข.35 สัมประสิทธิ์ของระยะการโก่งตัวตามอัตราส่วนของค่าคงที่ด้านหารตัด
(จำนวนคานขวาง = 3)



ประวัติผู้เขียน

นายกรวุฒิ ตันเนียม เกิดวันที่ 13 พฤษภาคม พ.ศ. 2507 สำเร็จการศึกษาได้รับ
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต จากมหาวิทยาลัยเชียงใหม่เมื่อปีการศึกษา 2528 และได้เข้า
ศึกษาต่อชั้นปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ณ บัณฑิตวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการ
ศึกษา 2529