

เอกสารอ้างอิง

1. Fuchsteiner, W. "Die Freitragende Wendeltreppe." Beton-und Stahlbetonbau. Vol. 49, No.11 (November 1954): 256-258.
2. Sauter, F. "Free Standing Stairs." American Concrete-Institute Journal, Proceedings, Vol. 61, No. 7 (July 1964): 847-870.
3. Liebenberg, A.C. "The Design of Slab Type Reinforced Concrete Stairways." The Structural Engineer, London, Vol. 38, No. 5 (May 1960): 156-164.
4. Liebenberg, A.C. "Load Tests on Stairways of a Reinforced Concrete Building in Johannesburg." The Concrete Association, Johannesburg, 1956.
5. Cusens, A.R., and Kuang, J.G., "Experimental Study of a Free-Standing Staircases." American Concrete Institute Journal, Vol. 63, No. 5 (May 1966): 587-604.
6. ปณิธาน ลักคุณะประสิทธิ์, การวิเคราะห์โครงสร้าง, พิมพ์ครั้งที่ 1, หน้า 243-258, สามเสนการพิมพ์, 2527.
7. Gould, P.L. "Analysis and Design of a Cantilever Staircase." American Concrete Institute Journal, Vol. 60, No. 7 (July 1963): 881-899.
8. Cusens, A.R., and Kuang, J.G., "Analysis of Free Standing Stairs under Symmetrical Loading." Concrete and Constructional Engineering, London, Vol. 60, No. 5 (May 1965): 167-172.
9. Siev, A. "Analysis of Free Straight Multiflight Staircases." Journal of the Structural Division, ASCE. Vol. 88, No. ST 3, (June 1962): 207-232.

10. Ng, F.S., and Chetty, A., "Study of Three-Flight Free-Standing Staircases." Journal of the Structural Division, Proceeding of the American Society of Civil Engineering Division. Vol. 101, No. ST 7 (July 1975): 1419-1434.
11. Liebenberg, A.C. "Analysis of Free Straight Multiflight Staircases." Journal of the Structural Division, Proceeding of the American Society of Civil Engineering. Vol. 88, No. ST 6 (December 1962): 327-333.
12. Chandrashekhara, K., and Srinivasan, S.P., "Photoelastic Analysis of Free-Standing Stairs." Journal of the Structural Division, Proceeding of the American Society of Civil Engineering, Vol. 98, No. ST 12, (December 1972): 2836-2841.
13. Timoshenko, P.S., and Gere, M.J., Mechanics of Materials. pp. 515-519, Litton Education Publishing, Inc., 1972.
14. Strain Gage and Temperature Sensor Instruction Manual, Kyowa Electronic Instruments Co., Ltd., Japan, 1984.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.1 มิติของแบบจำลองย่อส่วน

รายการ	มิติ
พื้นบันได	
- ความกว้าง , ซม.	25.00
- ความยาว , ซม.	75.00
- ความหนา , ซม.	0.584
- มุมยก - พื้นบันไดบน , องศา	36.01
- พื้นบันไดล่าง , องศา	36.19
- เฉลี่ย , องศา	36.1
ชานพัก	
- ความกว้าง-ยาว , ซม.	25.00
- ความหนา , ซม.	0.764

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.2 ผลการทดสอบกำลังดึงของเหล็กแผ่น

รายการ	ค่าที่ได้
1. กำลังคลาก , กก/ซม. ²	2490
2. กำลังดึงประลัย , กก/ซม. ²	4133.3
3. ค่าการยืดตัวในระยะ 200 มม. , %	23.32 %
4. ค่าโมดูลัสของการยืดหยุ่น , กก/ซม. ²	2.05×10^6

ศูนย์วิทยพัชยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.3 รายละเอียดของเกจแบบหน้าปัด

ตำแหน่งของ เกจ	ความละเอียดต่อ 1 ช่อง		ทิศการเคลื่อนที่ เมื่ออ่านค่าเพิ่มขึ้น
	ค่าที่อ่านได้	หน่วย	
1	0.01	มม.	-Z
2	0.01	มม.	-Z
3	0.001	นิ้ว	-Z
4	0.01	มม.	-Z
5	0.01	มม.	-Z
6	0.001	นิ้ว	-Z
7	0.01	มม.	-Y
8	0.01	มม.	-X
9	0.001	นิ้ว	-X
10	0.001	นิ้ว	-Y
11	0.01	มม.	-Y
12	0.01	มม.	-X
13	0.001	นิ้ว	-Z
14	0.01	มม.	-Z
15	0.01	มม.	-Z
16	0.01	มม.	-X

ตารางที่ 6.1 การเปรียบเทียบค่าโมเมนต์บิดจากการทดลองกับทฤษฎี

การทดลอง กรณีที่	ค่าโมเมนต์บิดในพื้นที่บันไดล่าง, กก.-ซม.		
	การทดลอง	แบบโครงข้อแข็ง	แบบแผ่นพื้น
1	-173.5	-136.4	-432.2
2	-590.0	-376.7	-623.3
3	-137.6	-136.4	-433.0
4	-247.0	-238.0	-757.0
5	-766.0	-568.2	-1302.7

- หมายเหตุ 1. ค่าที่แสดงเป็นค่าโมเมนต์บิด เมื่อแบบจำลองรับน้ำหนักบรรทุกทุกสูงที่สุดในแต่ละกรณี
ซึ่งระบุในหัวข้อ 5.3
2. ค่าโมเมนต์บิดจากการทดลองหาได้จากการหาค่าความแตกต่างของการเคลื่อนที่ของ
เกจแบบหน้าปัด ตัวที่ 13 และ 15

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6.2 การเคลื่อนที่ในแนวตั้งของแบบจำลอง

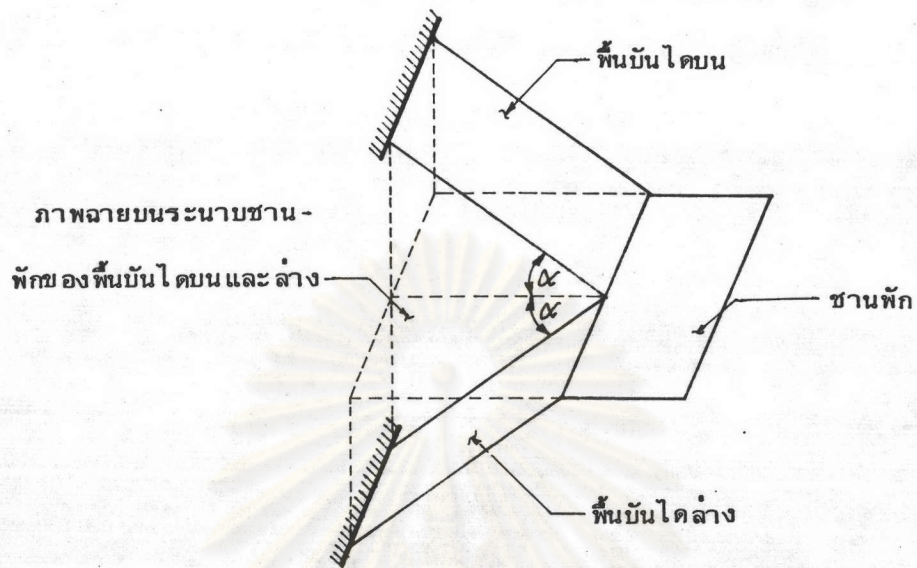
การทดลอง กรณีที่	การเคลื่อนที่ในแนวตั้งที่วัดได้, mm.				หน่วยแรงตัด สูงสุด, กก./ซม. ²
	Δ_3	Δ_1	Δ_5	Δ_6	
1	1.2395 (1/488)	2.062 (1/294)	2.424 (1/250)	3.071 (1/279)	769 ^{*1}
2	1.806 (1/335)	6.509 (1/93)	6.238 (1/97)	12.611 (1/68)	219 ^{*3}
3	1.157 (1/524)	1.37 (1/442)	2.135 (1/283)	2.552 (1/335)	1490 ^{*2}
4	2.126 (1/285)	3.528 (1/172)	3.971 (1/153)	4.809 (1/178)	1469 ^{*2}
5	3.664 (1/165)	9.705 (1/62)	10.215 (1/59)	15.902 (1/54)	1520 ^{*2}

- หมายเหตุ
- ค่าที่แสดง เป็นค่าการเคลื่อนที่ที่วัดได้ เมื่อแบบจำลองรับน้ำหนักบรรทุกสูงสุดในแต่ละกรณีซึ่งระบุในหัวข้อ 5.3
 - ค่าในวงเล็บคือ อัตราส่วนของการเคลื่อนที่ที่วัดได้ต่อระยะทางในแนวราบจากจุดที่วัดค่าการเคลื่อนที่ถึงที่รองรับจริง
 - ค่าหน่วยแรงตัดสูงสุด เป็นค่าหน่วยแรงตัดในพื้นที่บันไดล่างที่หาจากการวิเคราะห์แบบโครงข้อแข็ง (*1) หรือแบบแผ่นพื้นทับ (*2) หรือจากผลการทดลอง (*3) ตัวใดตัวหนึ่งซึ่งให้ค่ามากที่สุด

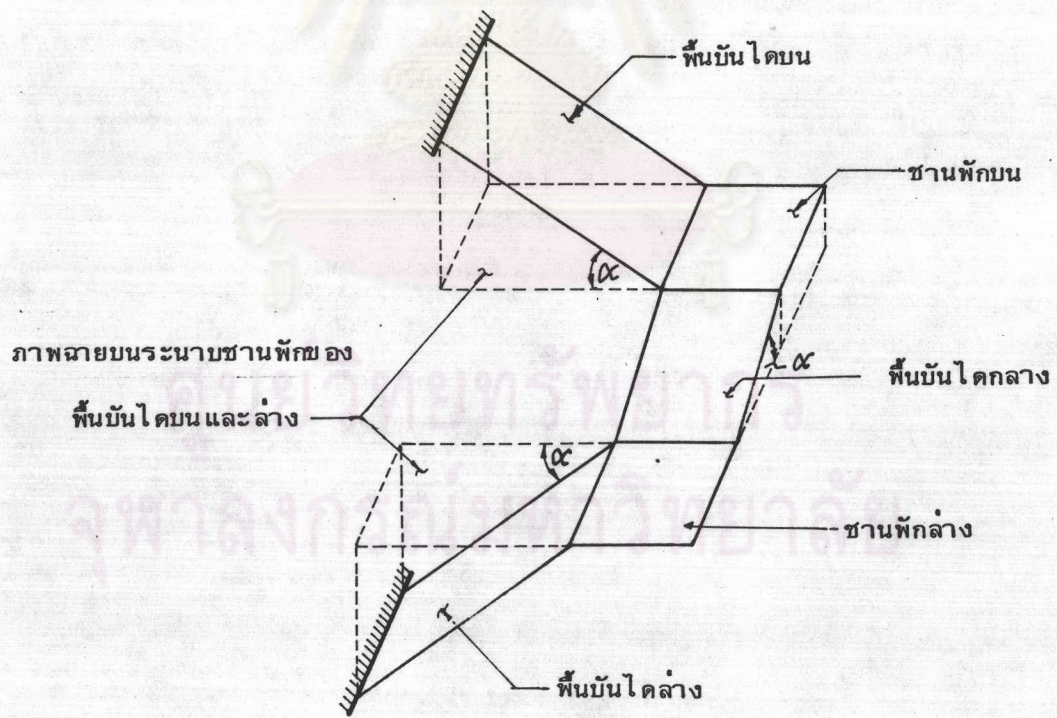
ตารางที่ 6.3 การเคลื่อนที่ในแนวราบของแบบจำลอง

การทดลอง กรณีที่	การเคลื่อนที่ในแนวราบที่วัดได้, มม.				หน่วยแรงตัด สูงสุด, กก./ซม. ²
	Δ_8	Δ_9	Δ_{10}	Δ_{11}	
1	-1.353 (1/554)	-0.175 (1/4286)	0.596 (1/1258)	-1.562 (-1/480)	769 ^{*1}
2	-4.63 (1/162)	0.036 (1/20833)	0.593 (1/1265)	4.691 (1/160)	219 ^{*3}
3	-0.973 (1/770)	0.029 (1/25862)	0.463 (1/1620)	1.301 (1/576)	1490 ^{*2}
4	-2.296 (1/327)	-0.500 (1/1500)	1.067 (1/703)	2.672 (1/280)	1469 ^{*2}
5	-6.376 (1/178)	-0.950 (1/789)	1.875 (1/400)	6.998 (1/107)	1520 ^{*2}

- หมายเหตุ
- ค่าที่แสดง เป็นค่าการเคลื่อนที่ที่วัดได้ เมื่อแบบจำลองรับน้ำหนักบรรทุกสูงสุดในแต่ละกรณีซึ่งระบุในหัวข้อ 5.3
 - ค่าในวงเล็บ คือ อัตราส่วนของารเคลื่อนที่ที่วัดได้ต่อความยาวตามแนวแกนของพื้นบันได
 - ค่าหน่วยแรงตัดสูงสุดเป็นค่าหน่วยแรงตัดในพื้นบันไดล่าง ที่หาจากการวิเคราะห์แบบโครงข้อแข็ง (*1) หรือแบบแผ่นพื้นทับ (*2) หรือจากการทดลอง (*3) ตัวใดตัวหนึ่งซึ่งให้ค่าสูงสุด

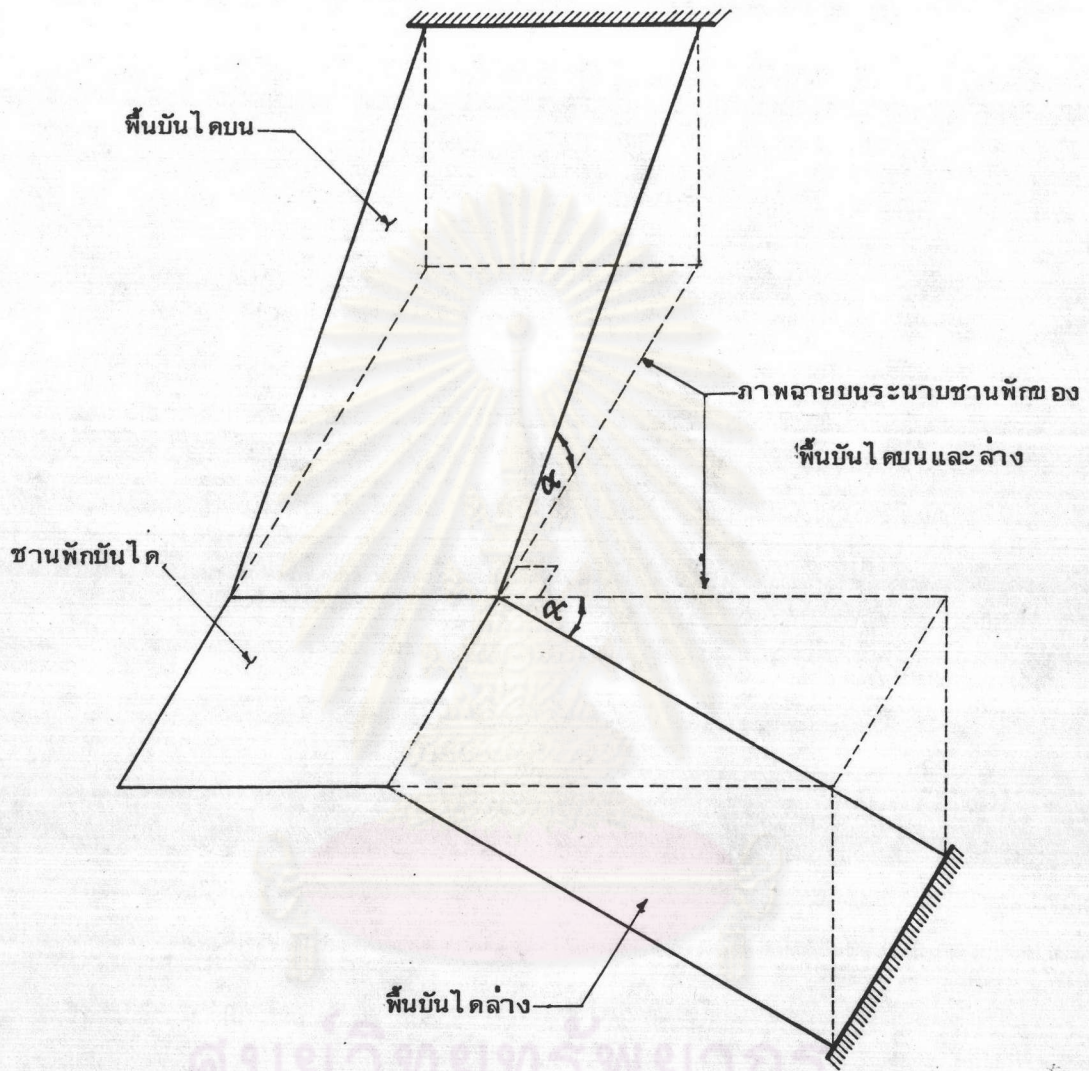


(ก) บันไดยี่นอิสระแบบแผ่นพื้นตัน แบบสองช่วงบันได

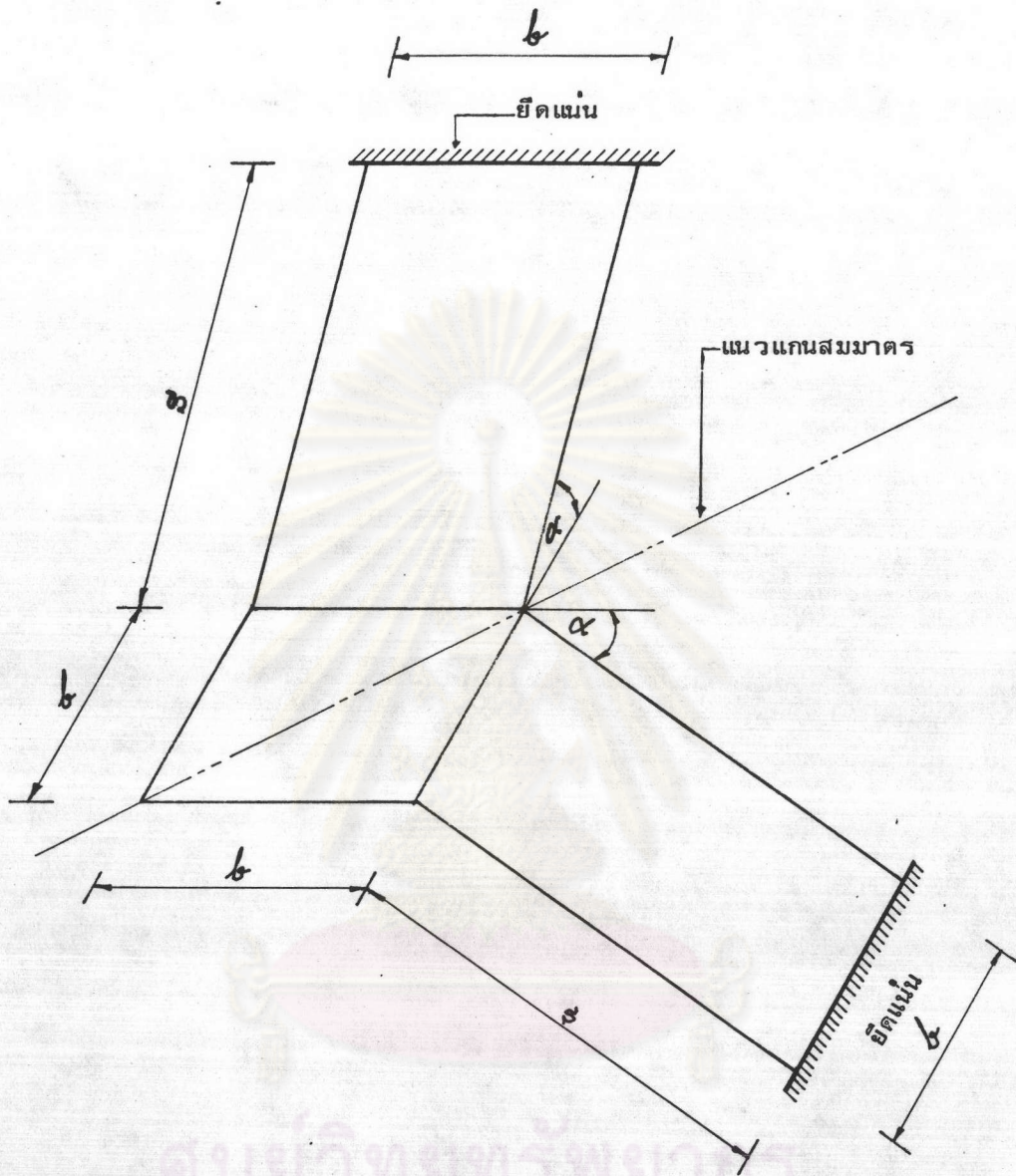


(ข) บันไดยี่นอิสระแบบแผ่นพื้นตันแบบสามช่วงบันได

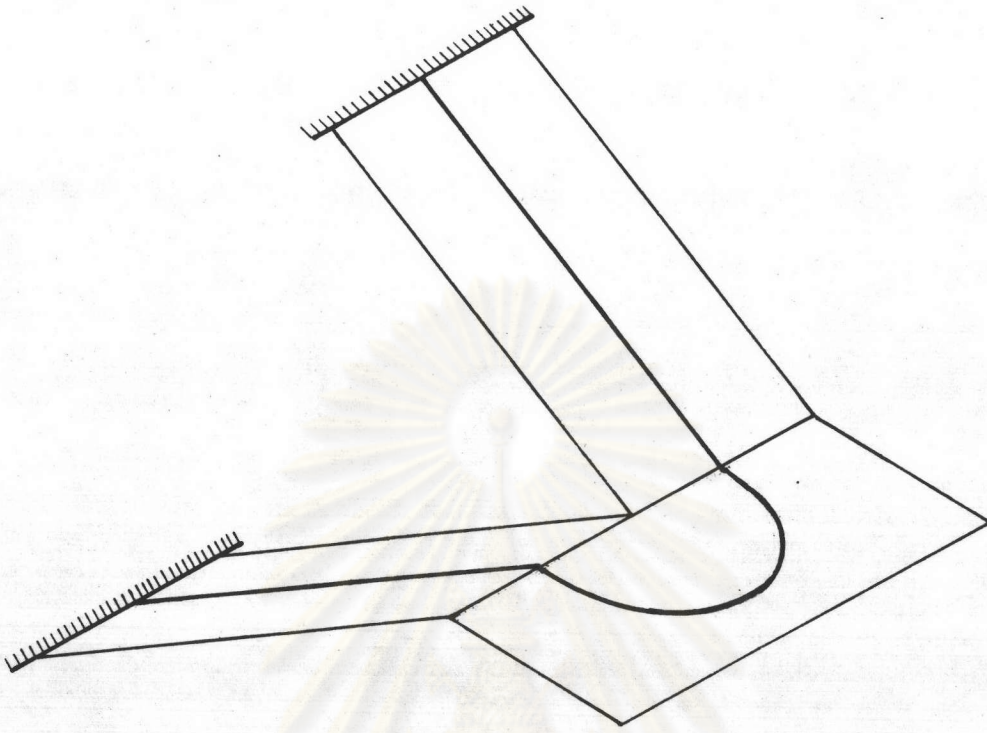
รูปที่ 1.1 บันไดยี่นอิสระแบบแผ่นพื้นตันที่ภาพฉายของพื้นบันไดบนและล่างบนระนาบของชานพักขนานกัน



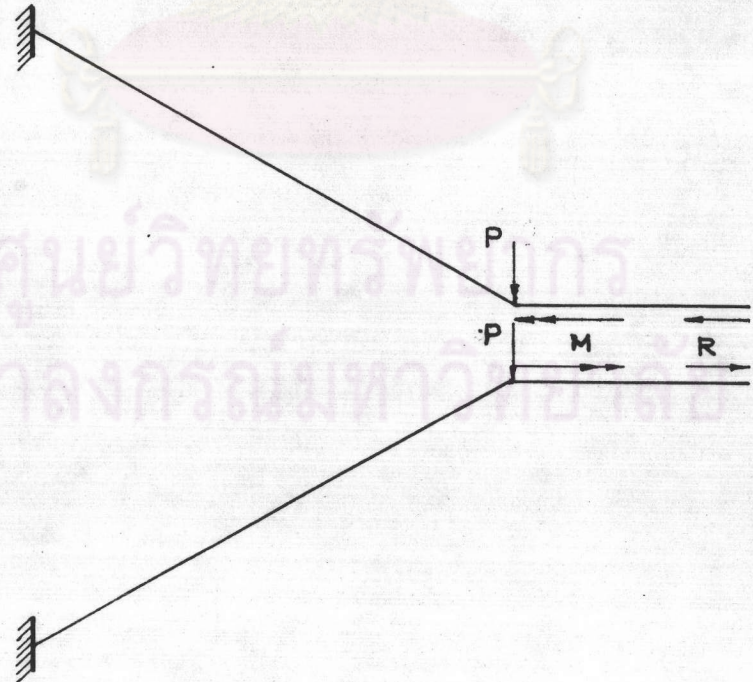
รูปที่ 1.2 บันไดยื่นอิสระแบบแผ่นพื้นตันซึ่งมีพื้นบันไดตั้งฉากกันและมีชานพักตรงกลาง



รูปที่ 1.3 บันไดยื่นอิสระแบบแผ่นพื้นตันซึ่งมีพื้นบันไดตั้งฉากกันที่ซ้านพักและมีซ้านพักอยู่ตรงกลาง
ในงานวิจัยนี้

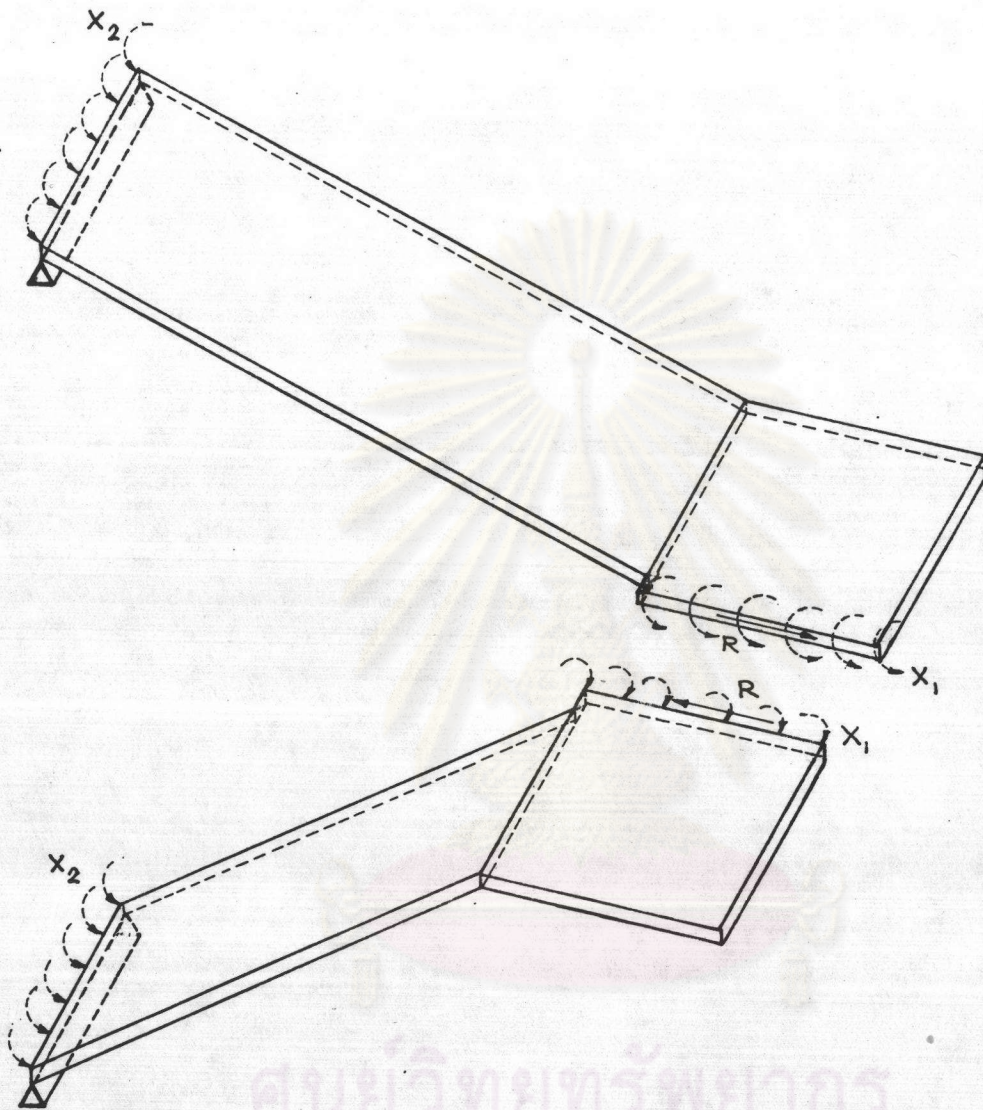


(ก) รูปสามมิติแสดง โครงสร้างจำลองทางคณิตศาสตร์



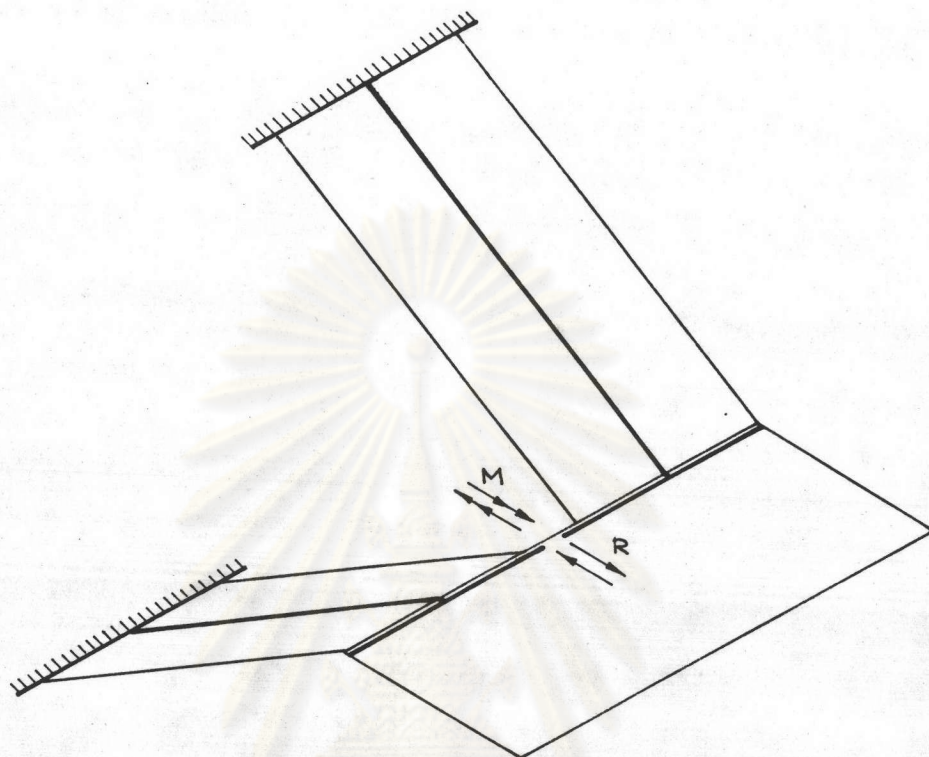
(ข) โครงสร้างดีเทอร์มีเนตในการวิเคราะห์

รูปที่ 2.1 โครงสร้างจำลองทางคณิตศาสตร์ ที่เสนอโดย Fuchsteiner (1)



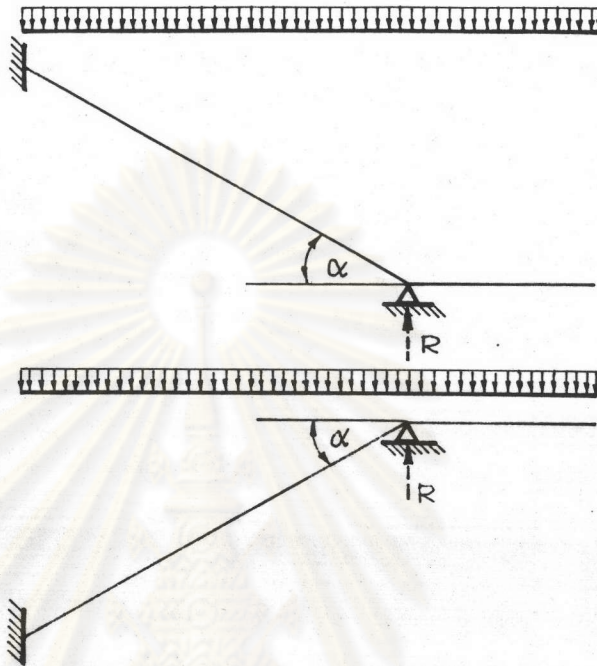
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 2.2 โครงสร้างดีเทอร์มีเนด ที่เสนอโดย Sauter (2)

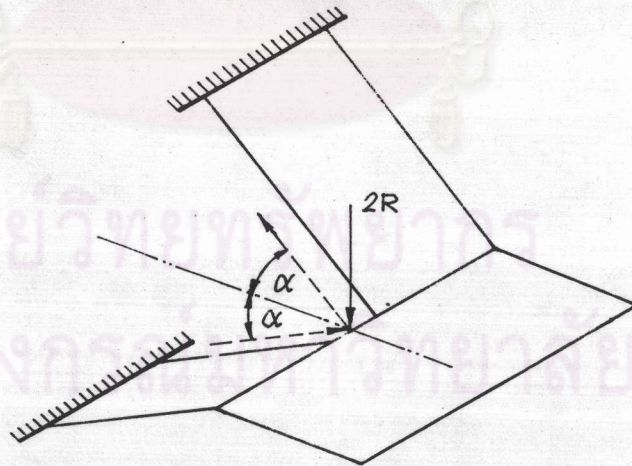


รูปที่ 2.3 โครงสร้างจำลองทางคณิตศาสตร์ ที่เสนอโดย Cusen. และ Kuang (8)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

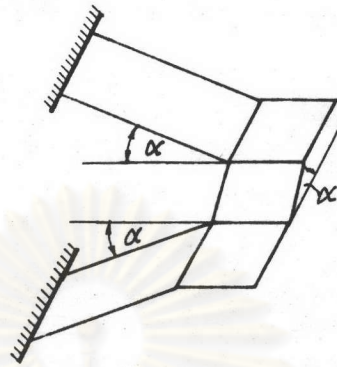


(ก) โครงสร้างรองรับน้ำหนักบรรทุกภายนอก

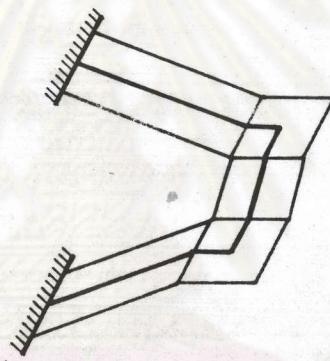


(ข) โครงสร้างหลักรับแรงปฏิกิริยาจากที่รองรับจินตภาพในโครงสร้างรองรับ

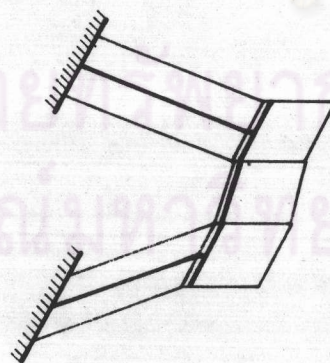
รูปที่ 2.4 การจำลองโครงสร้างเพื่อการวิเคราะห์แบบแผ่นพื้นทับ ที่เสนอโดย Liebenberg⁽³⁾



(ก) รูปสามมิติแสดง ลักษณะทั่วไป

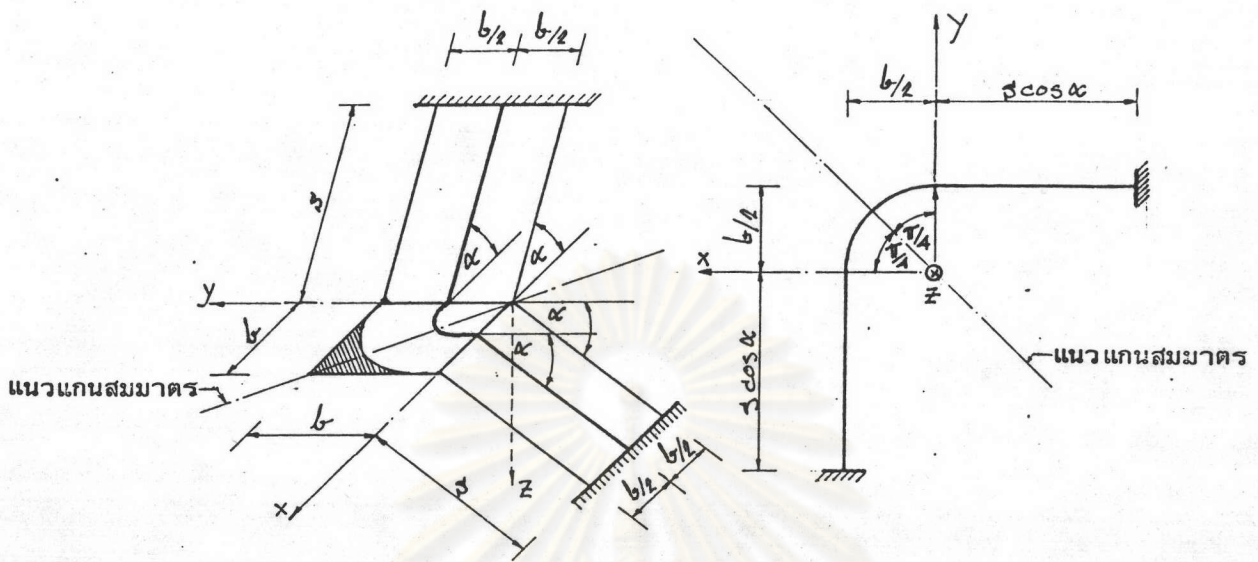


(ข) โครงสร้างจำลองแบบที่ 1



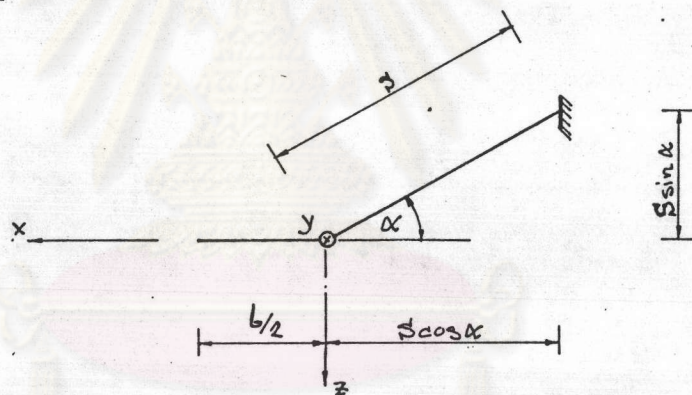
(ค) โครงสร้างจำลองแบบที่ 2

รูปที่ 2.5 บันไดยื่นอิสระแบบแผ่นพื้นคั่นแบบสามช่วงบันได (10)

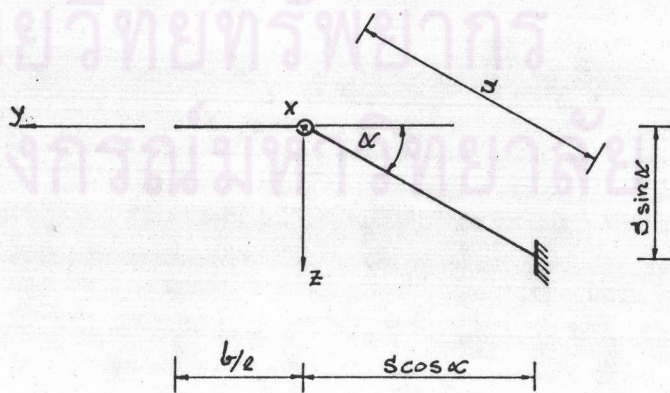


(ก) รูปในสามมิติ

(ข) รูปแปลน

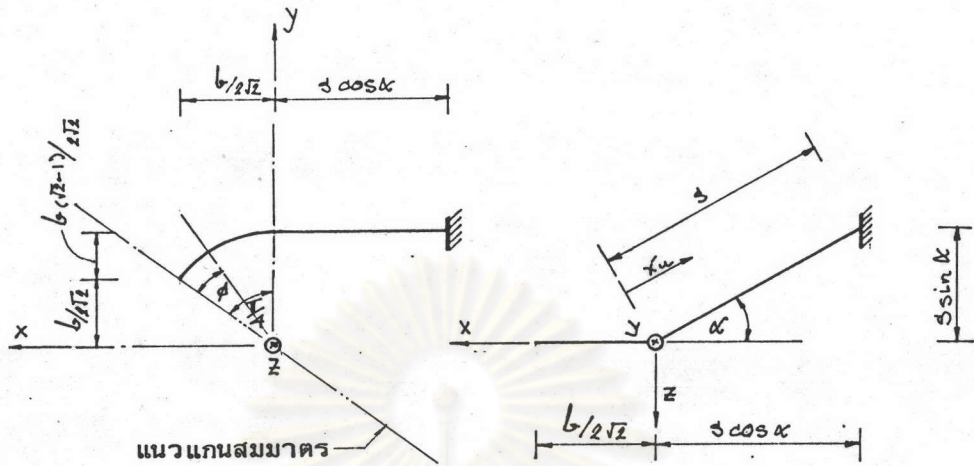


(ค) รูปตัดขวาง แสดงพื้นบันไดบน



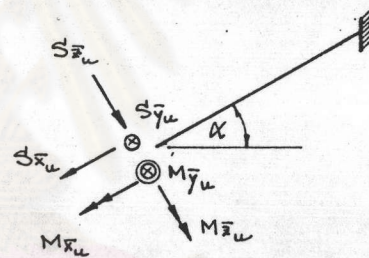
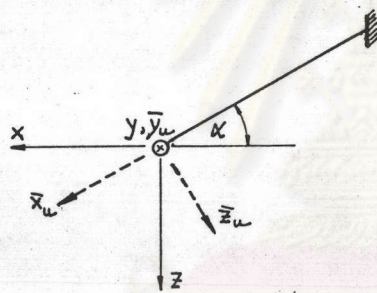
(ง) รูปตัดขวาง แสดงพื้นบันไดล่าง

รูปที่ 3.1 โครงสร้างจำลองทางคณิตศาสตร์และแกนโคออร์ดิเนตหลัก



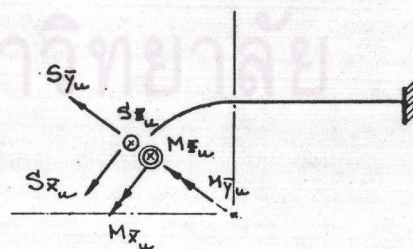
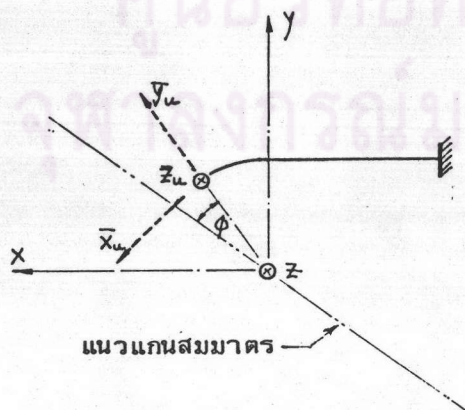
(ก) รูปแปลนแสดงส่วนบันไดบน

(ข) รูปตัดขวางแสดงส่วนบันไดบน



(ค) แกนโคออร์ดิเนตรองของพื้นบันไดบน

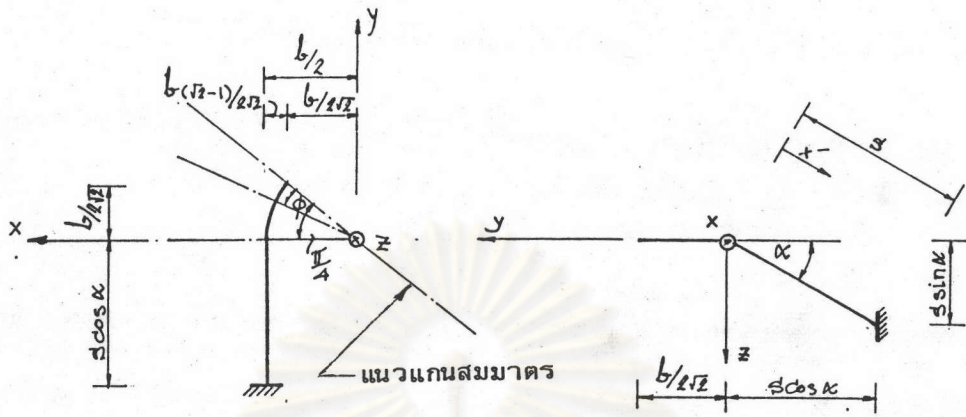
(ง) แรงภายในที่เป็นบวของพื้นบันไดบน



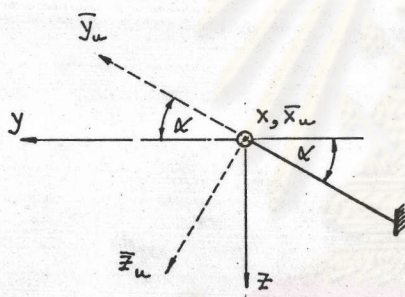
(จ) แกนโคออร์ดิเนตรองของคานโค้งส่วนบันไดบน

(ฉ) แรงภายในที่เป็นบวของคานโค้งส่วนบันไดบน

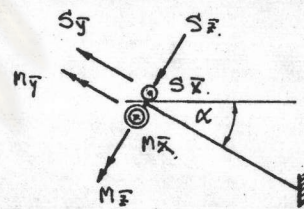
รูปที่ 3.2 แกนโคออร์ดิเนตรองและแรงภายในที่เป็นบวของส่วนบันไดบน



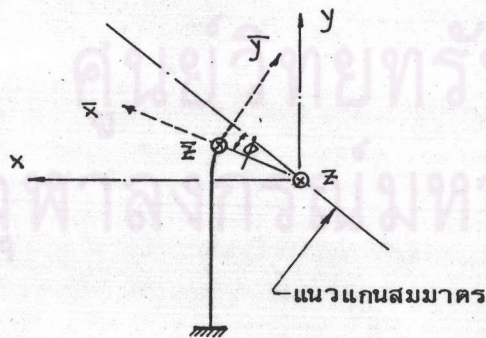
(ก) รูปแปลนแสดงส่วนบันไดกลาง (ข) รูปตัดขวางแสดงส่วนบันไดกลาง



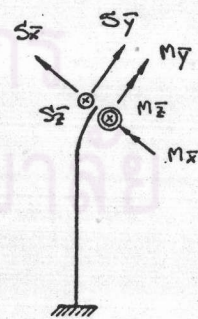
(ค) แกนโคออร์ดิเนตของของพื้นบันไดกลาง



(ง) แรงภายในที่เป็นบวกลบของพื้นบันไดกลาง

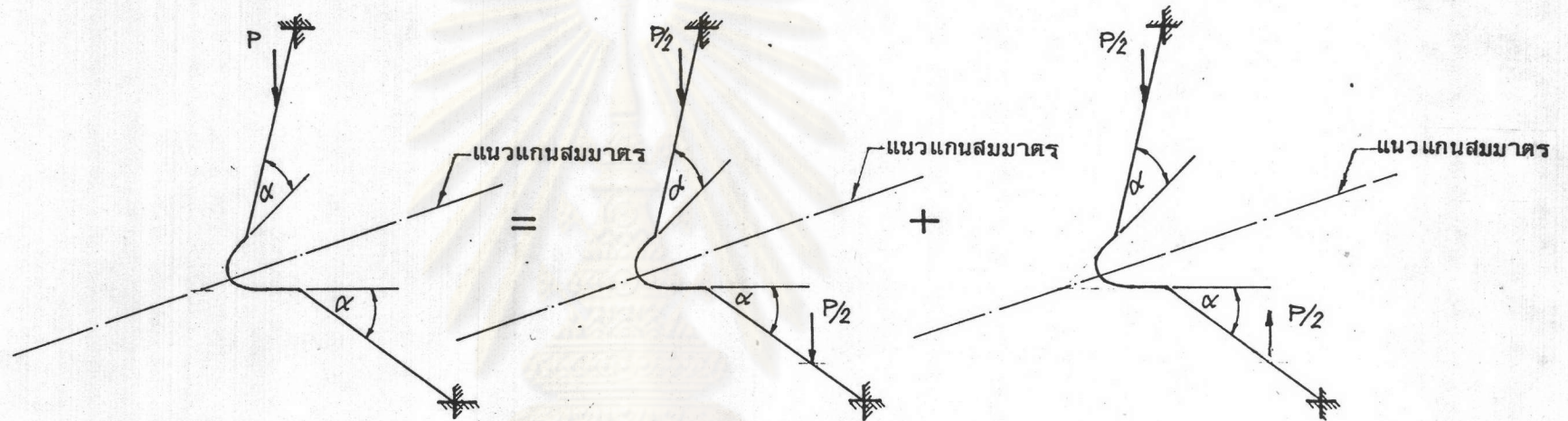


(จ) แกนโคออร์ดิเนตของคานโค้งส่วนบันไดกลาง



(ฉ) แรงภายในที่เป็นบวกลบของคานโค้งส่วนบันไดกลาง

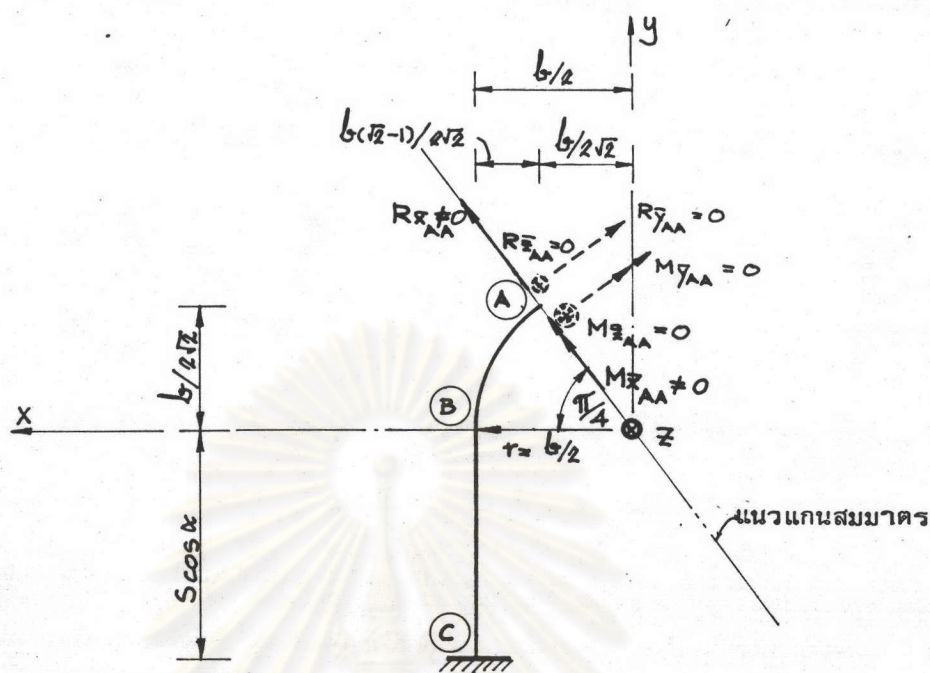
รูปที่ 3.3 แกนโคออร์ดิเนตและแรงภายในที่เป็นบวกลบของส่วนบันไดกลาง



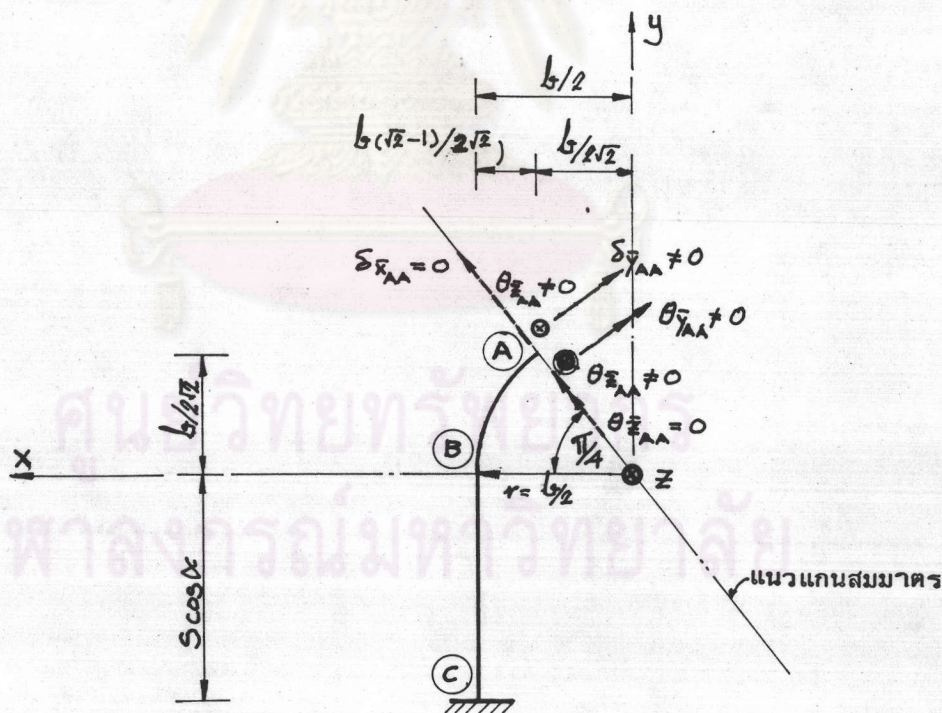
- (ก) โครงสร้างภายใต้น้ำหนักบรรทุกทุกใด ๆ (ข) โครงสร้างภายใต้น้ำหนักบรรทุกทุกแบบปฏิสมมาตร (ค) โครงสร้างภายใต้น้ำหนักบรรทุกทุกแบบสมมาตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3.4 การแทนผลของแรงกระทำใด ๆ ในรูปของแรงกระทำแบบสมมาตร และปฏิสมมาตร

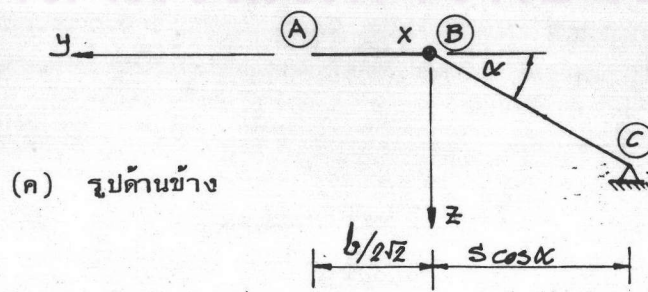
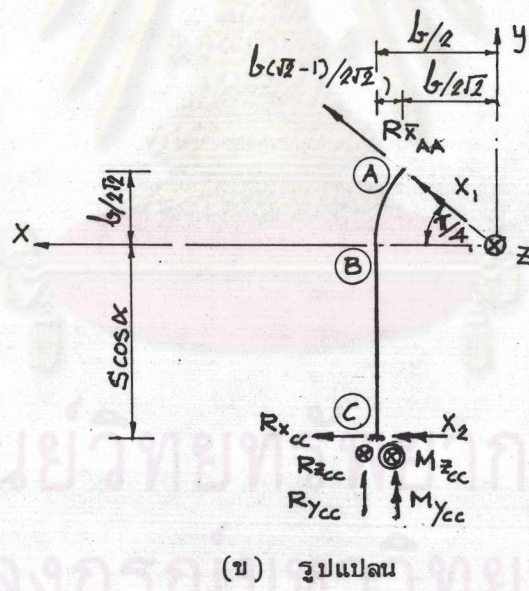
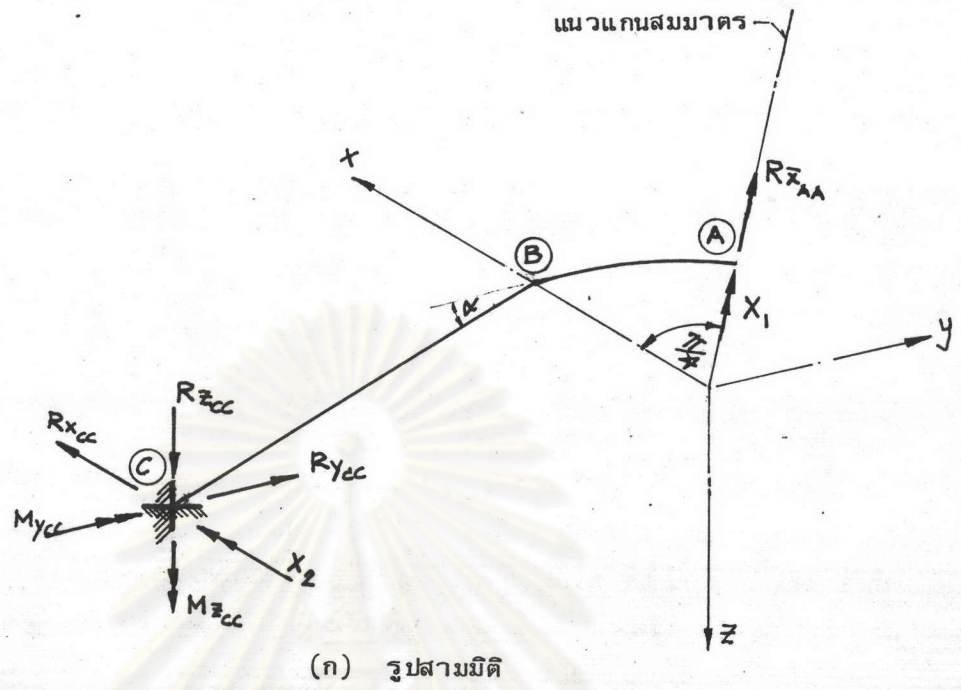


(ก) แรงภายในที่เกิดขึ้น

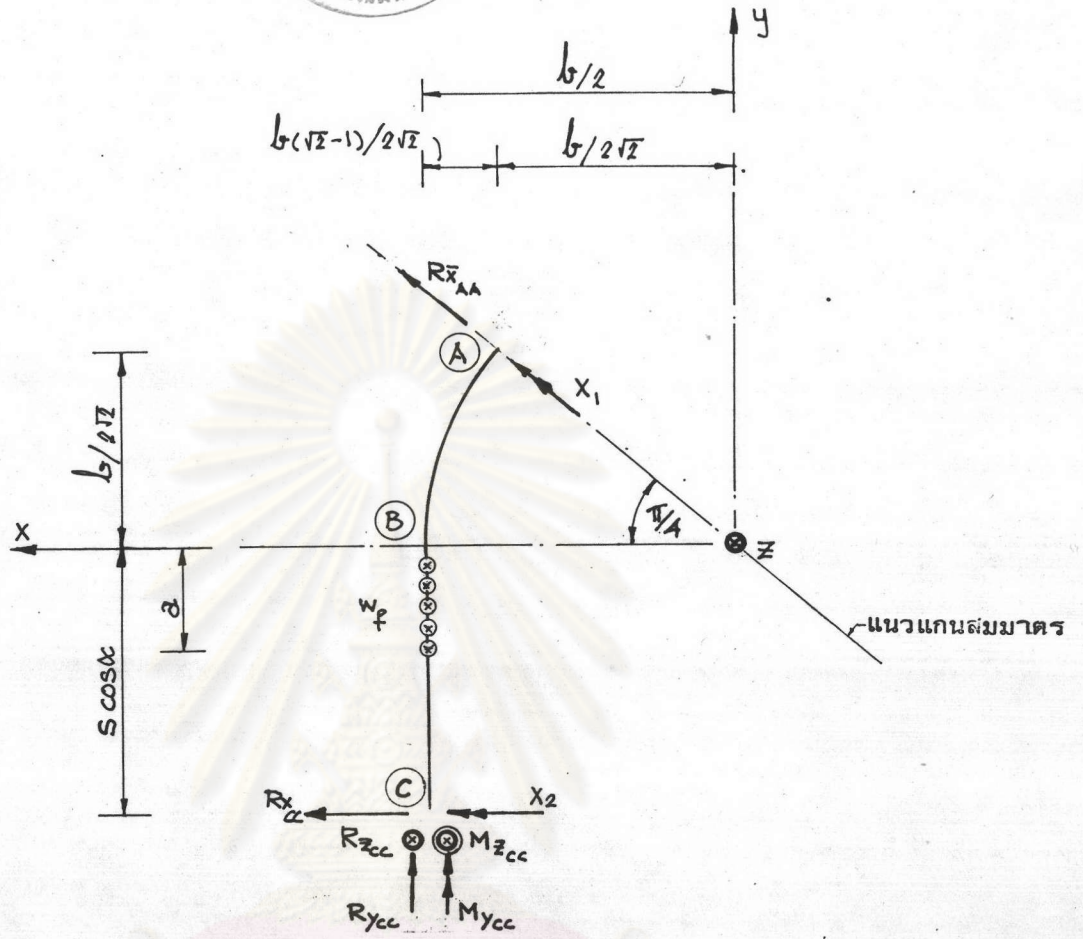


(ข) การเคลื่อนที่ที่เกิดขึ้น

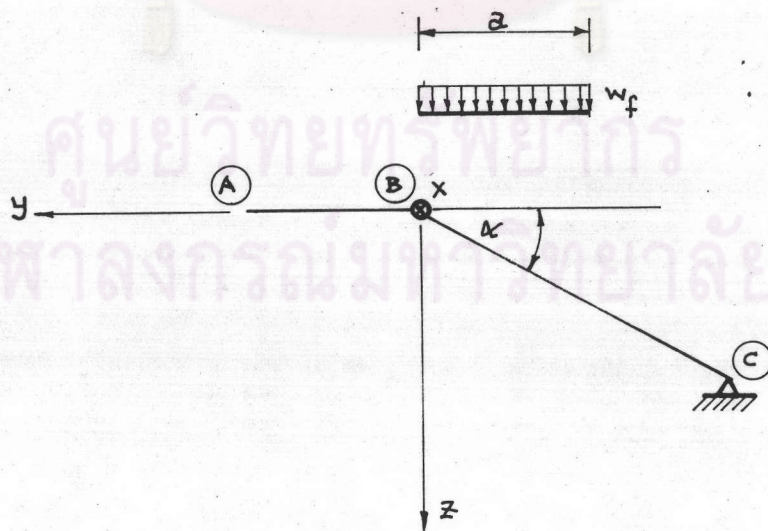
รูปที่ 3.5 รูปแปลนแสดงแรงภายในและการเคลื่อนที่ที่เกิดขึ้นที่จุด A เมื่อรับน้ำหนักบรรทุกแบบปฏิสมมาตร



รูปที่ 3.6 โครงสร้างจำลองดีเทอร์มิเนตของส่วนบันไดกลางและตัวไม้รู้ค่า x_1 และ x_2

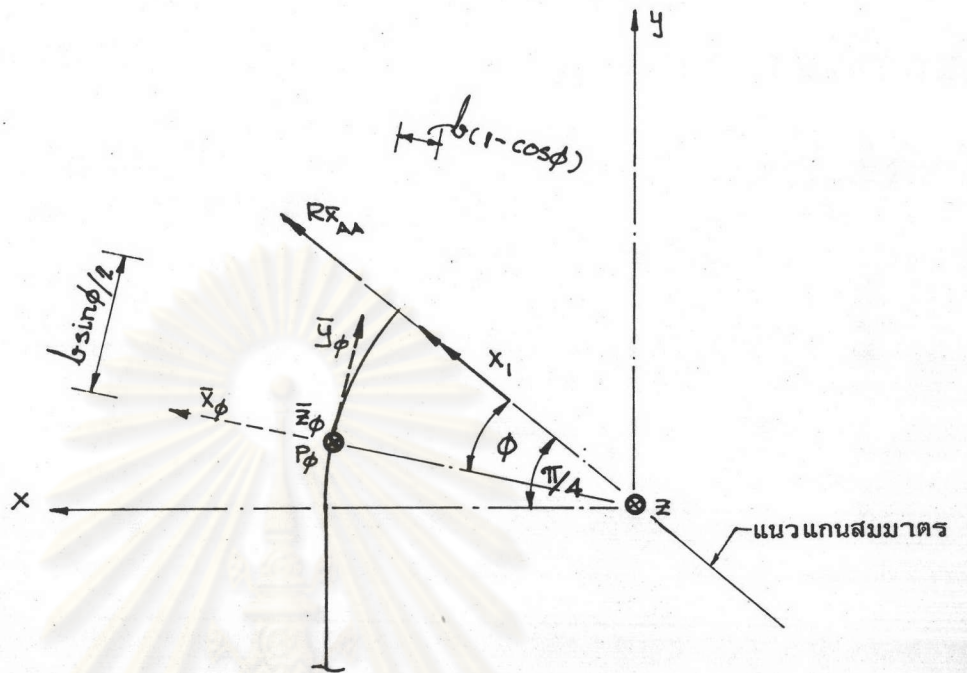


(ก) รูปแปลน

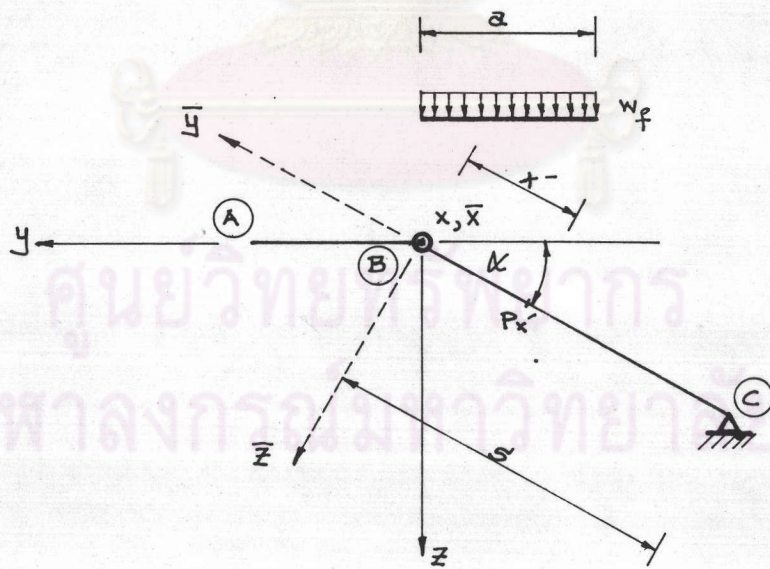


(ข) รูปด้านข้าง

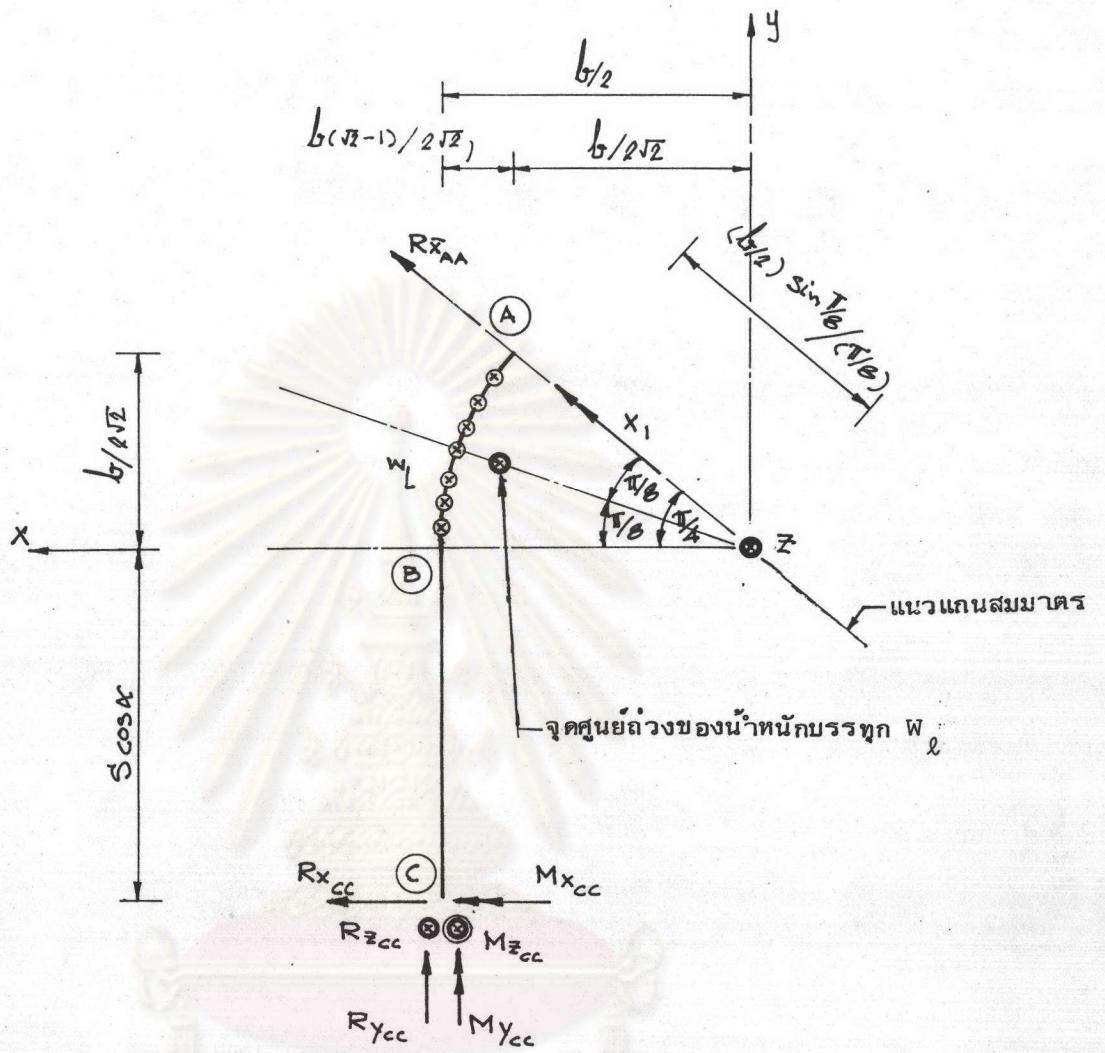
รูปที่ 3.7 แรงปฏิกิริยา ตัวไม้รู้ค่า และน้ำหนักบรรทุกทุกกระจะจ่ายสม่ำเสมอ;
 w_f บนพื้นบันไดแบบปฏิสมมาตร



รูปที่ 3.8 ตำแหน่งจุด P บนส่วนโค้ง AB และแกนโคออร์ดิเนตรองของจุด P



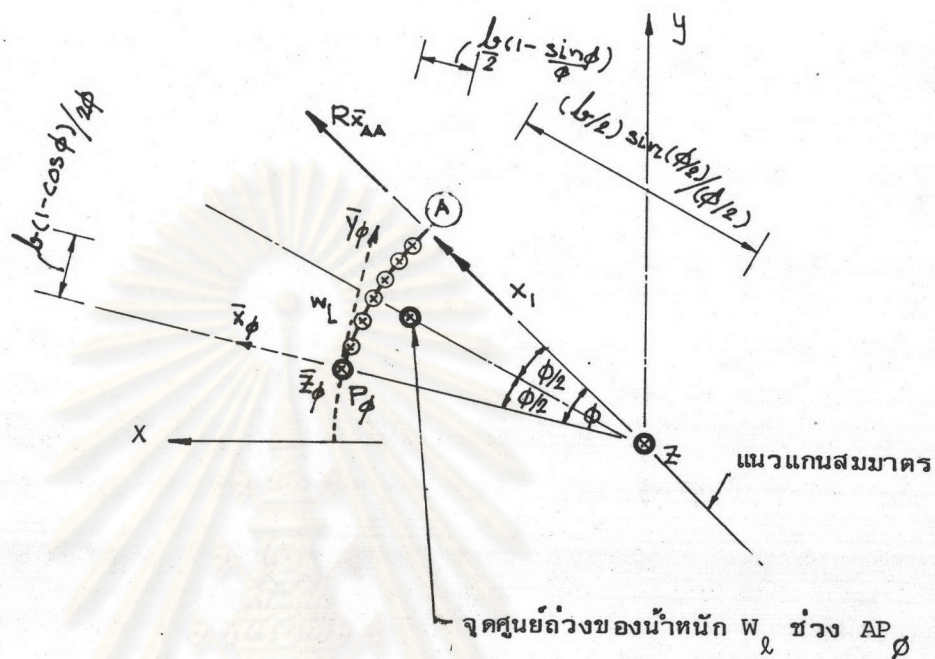
รูปที่ 3.9 รูปตัดขวางแสดงตำแหน่งจุด P_x , บนพื้นบันได และแกนโคออร์ดิเนตรอง



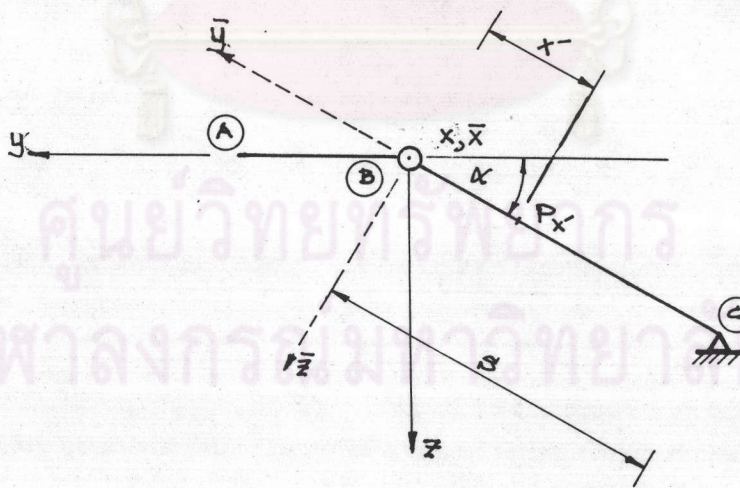
รูปที่ 3.10 รูปแปดเหลี่ยมแสดงปฏิกิริยา ตัวไม้จั่วค้ำ และน้ำหนักบรรทุกทุกกระจายสม่ำเสมอ; w_L

บนแกนพิกัดมันได แบบปฏิสมมาตร

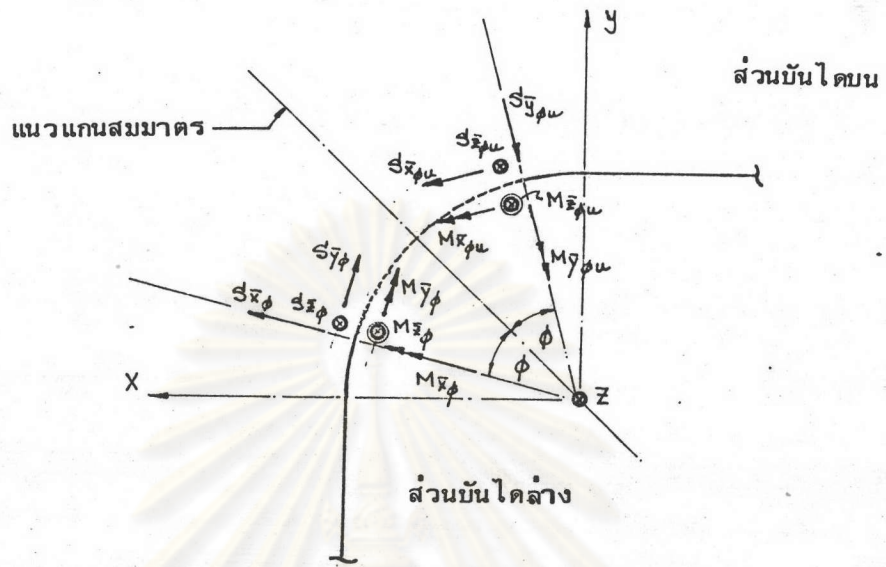
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



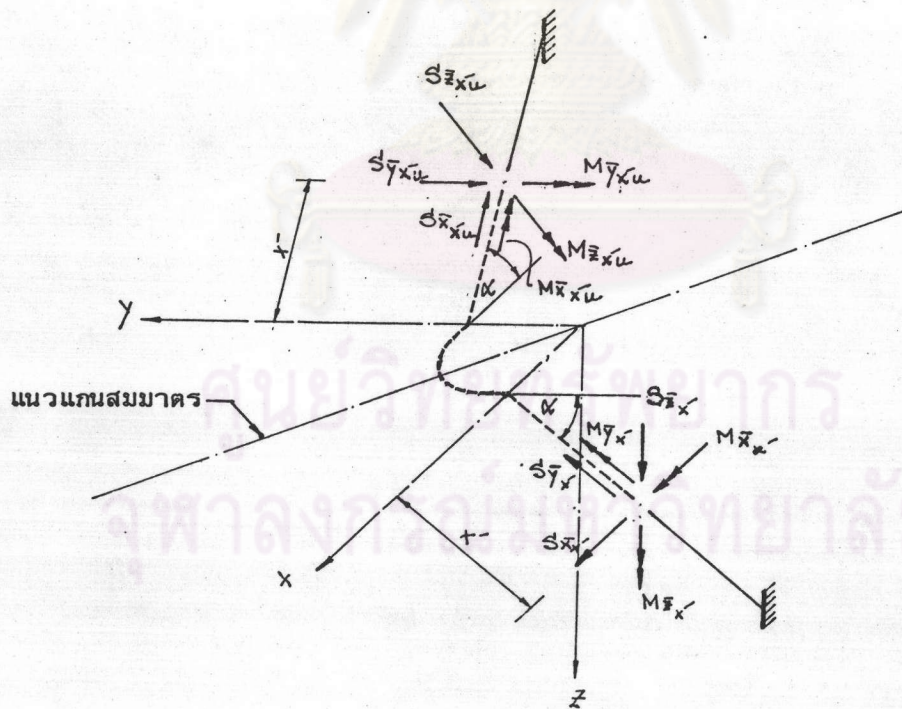
รูปที่ 3.11 ตำแหน่งจุด P_{ϕ} บนส่วนโค้ง AB และแกนโคออร์ดิเนตรองของจุด P_{ϕ}



รูปที่ 3.12 รูปตัดขวาง แสดงตำแหน่งจุด P_x , บนพื้นบันไดและแกนโคออร์ดิเนตรอง

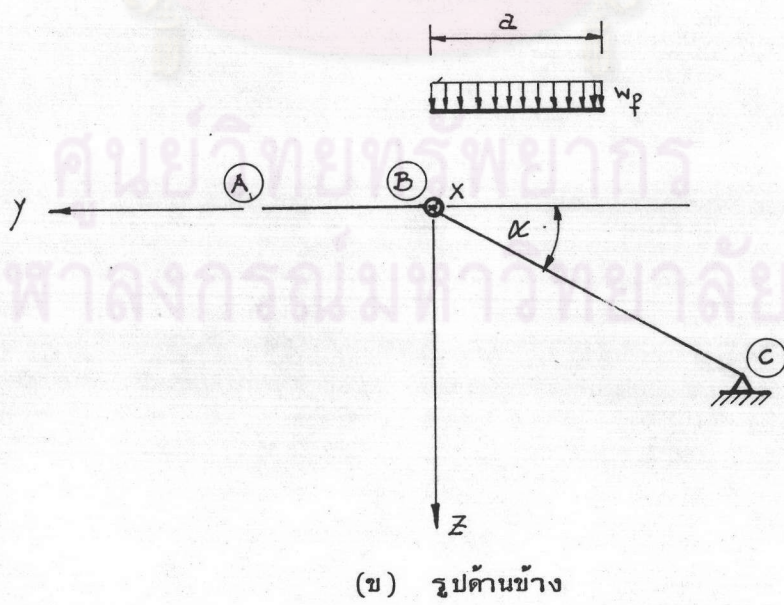
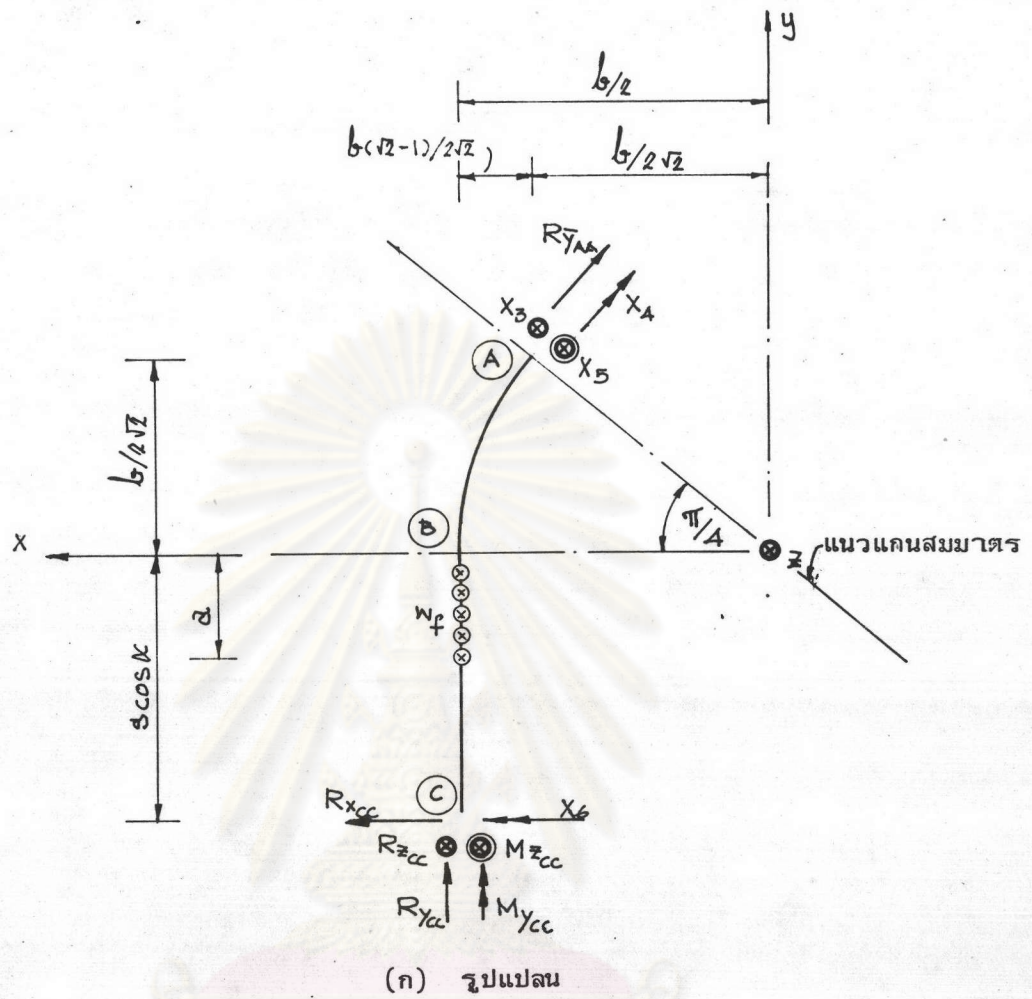


(ก) แรงภายในในช่วงส่วนโค้งชันพักของจุดคู่สมมาตร

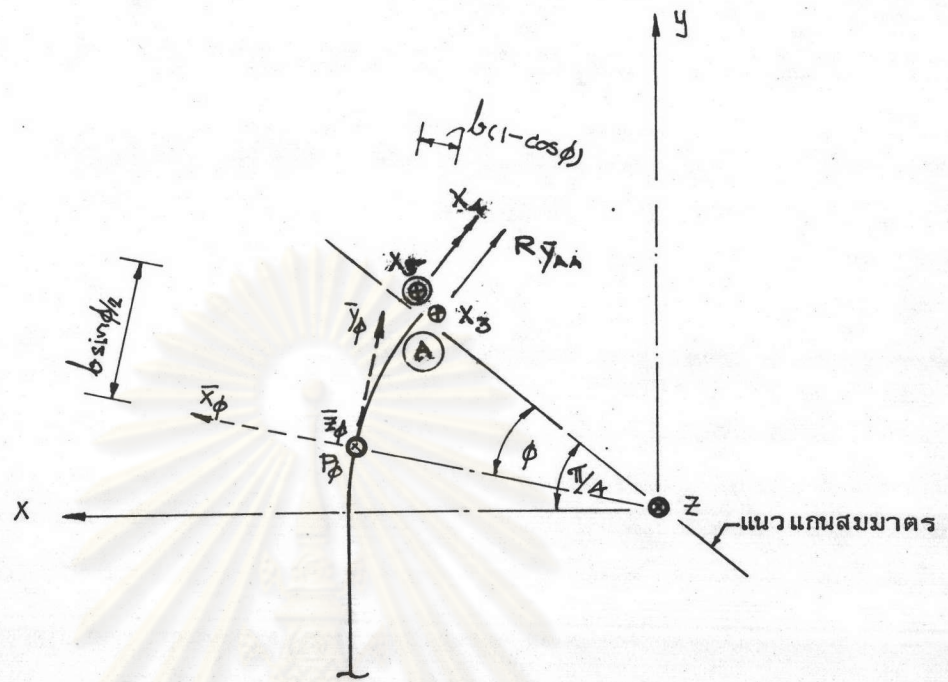


(ข) แรงภายในจุดคู่สมมาตรพื้นบนไคบนและพื้นบนไคล่าง

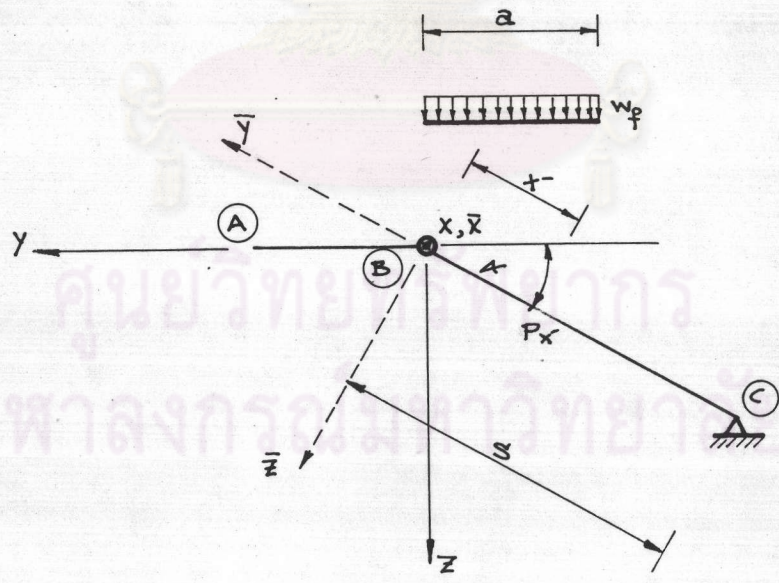
รูปที่ 3.13 แรงภายในส่วนบนไคบน เมื่อรับน้ำหนักกระทำทุกแบบปฏิสมมาตรและแรงภายในจุดคู่สมมาตรในส่วนบนไคล่าง เป็นบวก



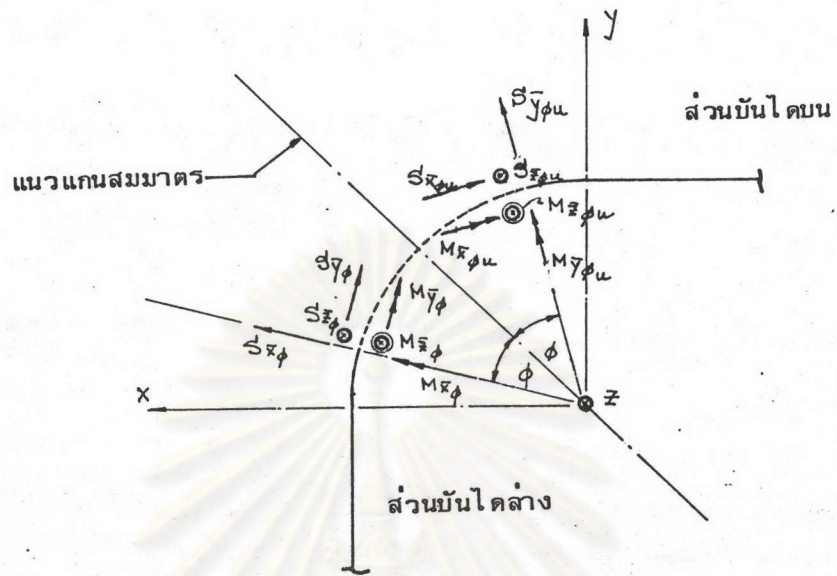
รูปที่ 3.14 แรงปฏิกิริยา ตัวไม้ค้ำ และน้ำหนักบรรทุกกระจายสม่ำเสมอ w_f บนพื้นบันไดแบบสมมาตร



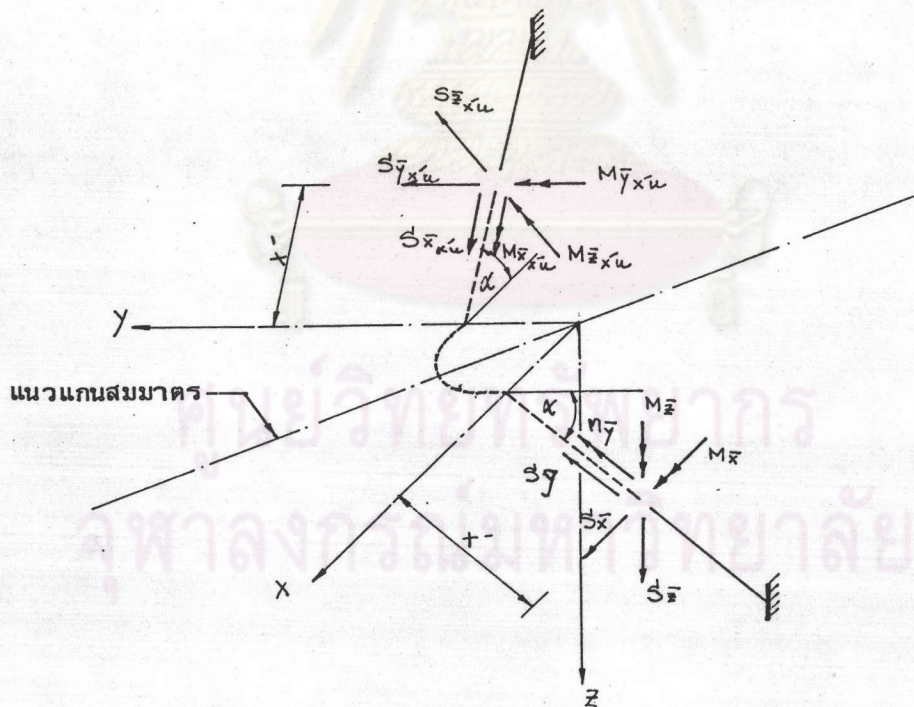
รูปที่ 3.15 ตำแหน่งจุด P_0 บนส่วนโค้ง AB และ แกนโคออร์ดิเนตรองของจุด P_0



รูปที่ 3.16 รูปตัดขวางแสดงตำแหน่งของจุด P_x บนพื้นบันไดและแกนโคออร์ดิเนตรอง

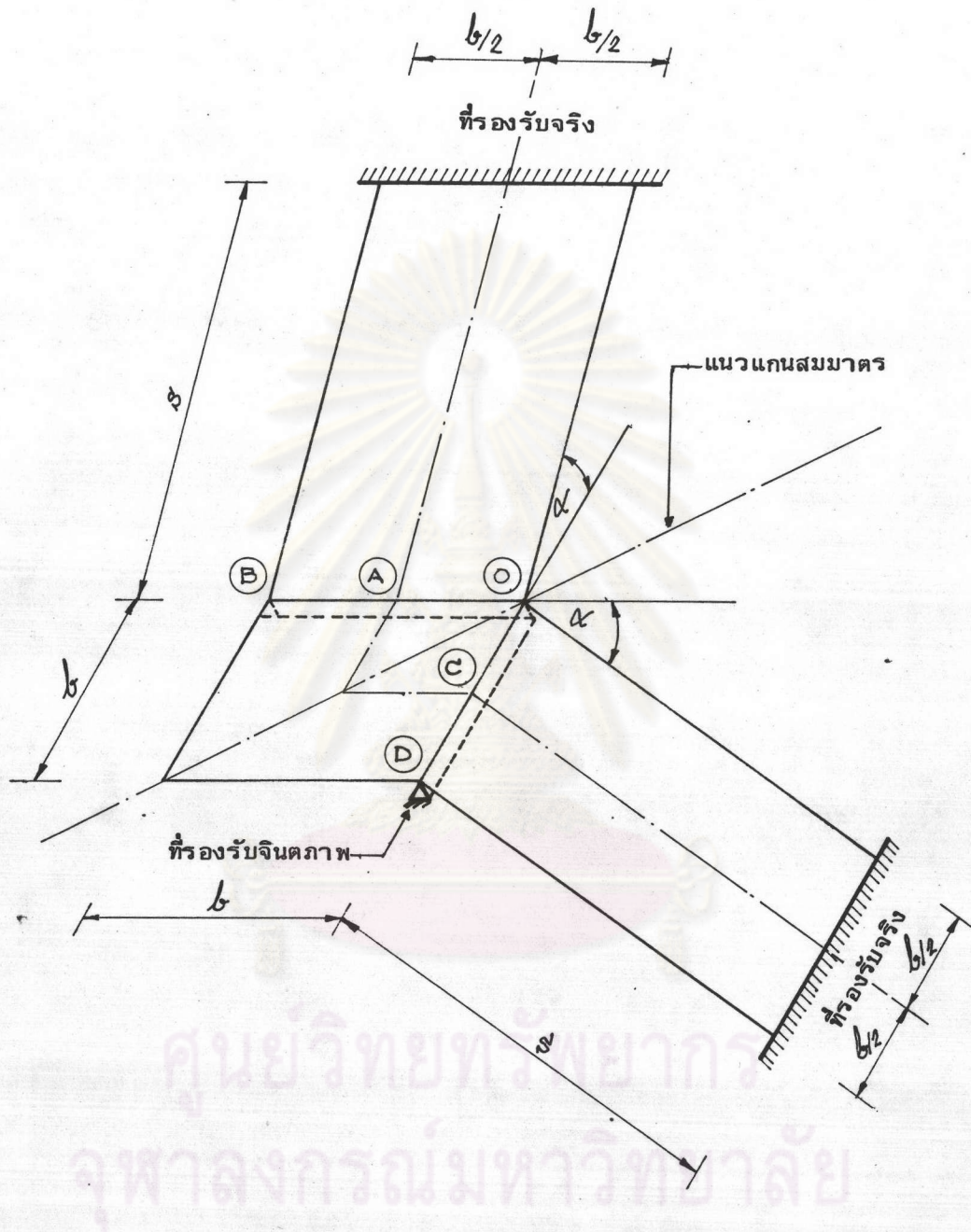


(ก) แรงภายในช่วงส่วน โค้งชานพักของจุดศูนย์กลาง



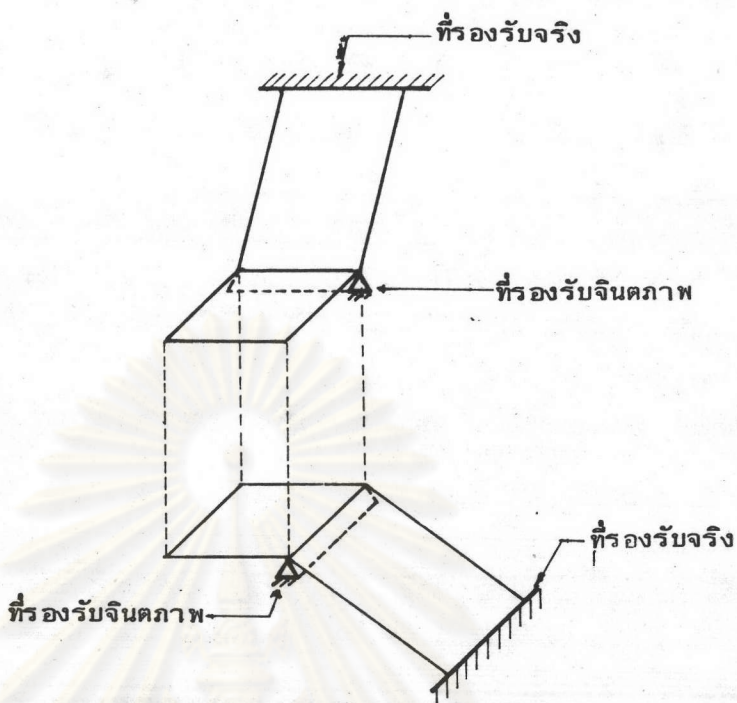
(ข) แรงภายในจุดศูนย์กลางพื้นบนไคบนและพื้นบนไคล่าง

รูปที่ 3.17 แรงภายในส่วนบนไคบน เมื่อรับน้ำหนักบรรทุกทุกแบบสมมาตร และ แรงภายในจุดศูนย์กลาง ในส่วนบนไคล่าง เป็นบวก

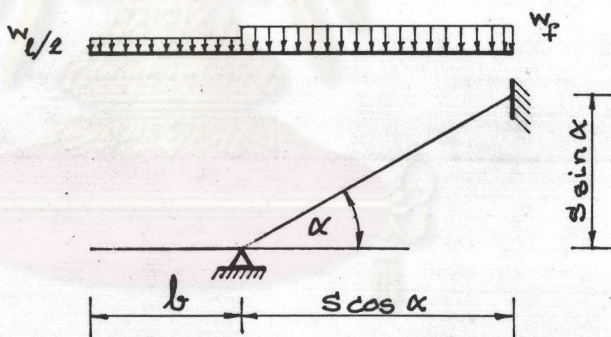


ศูนย์วิทยพัทยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

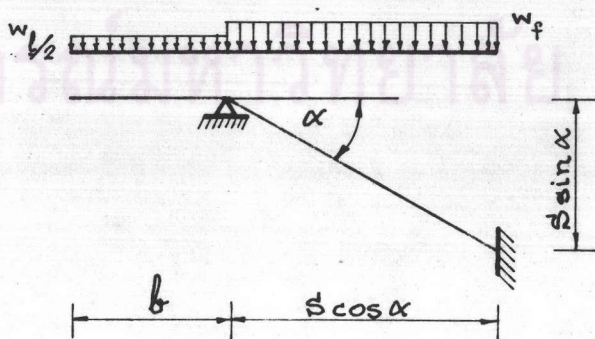
รูปที่ 4.1 รูปสามมิติ แสดงรายละเอียดของโครงสร้างวง



(ก) รูปสามมิติ

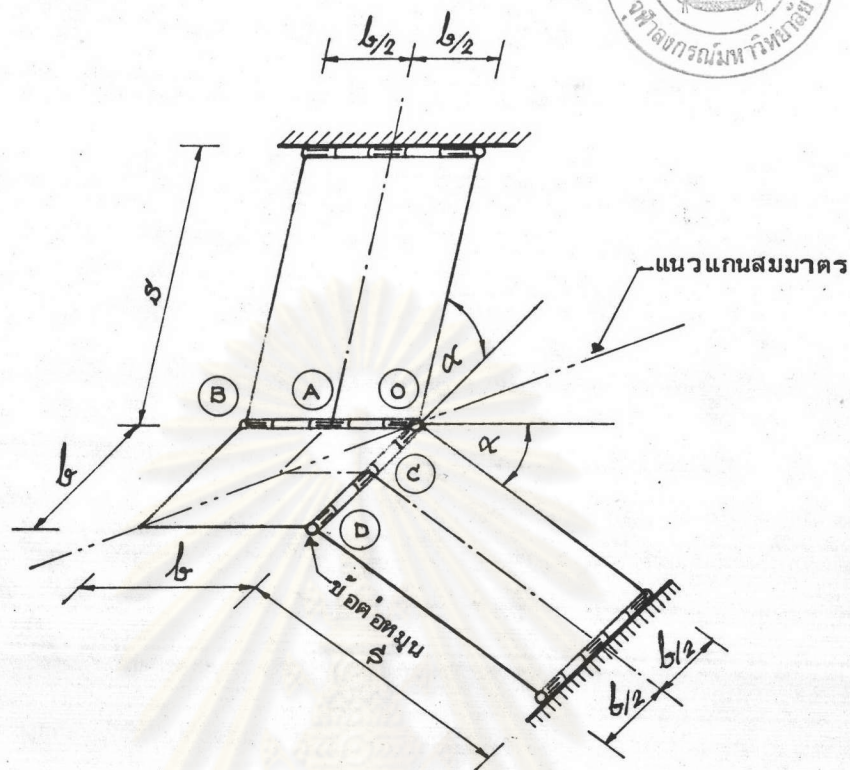


(ข) รูปด้านข้างแสดง โครงสร้างรองรับตัดแปลง ส่วนบันไดบน

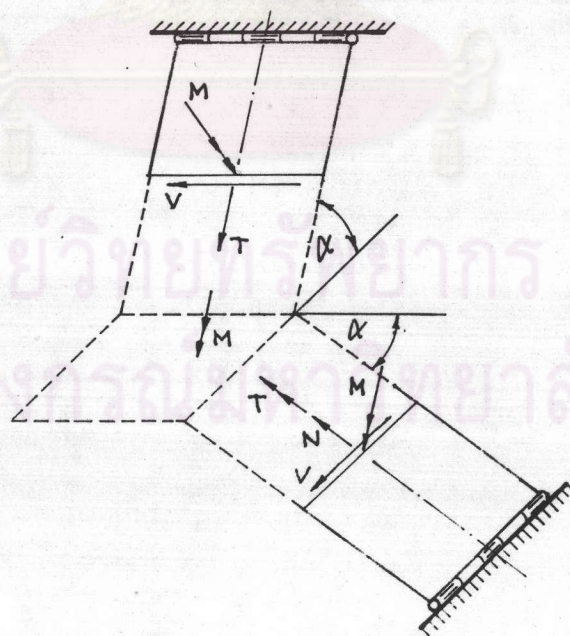


(ค) รูปด้านข้างแสดง โครงสร้างรองรับตัดแปลงส่วนบันไดล่าง

รูปที่ 4.2 โครงสร้างรองรับตัดแปลง

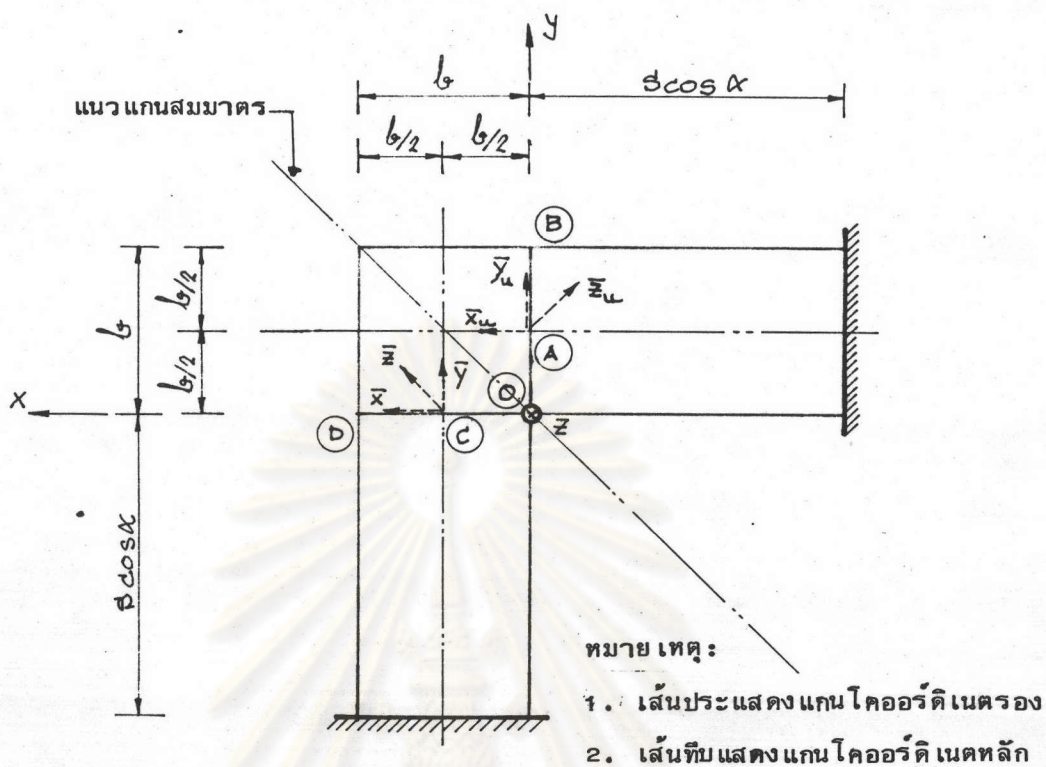


(ก) รูปสามมิติ แสดงลักษณะของ โครงสร้างหลักและตำแหน่งต่าง ๆ

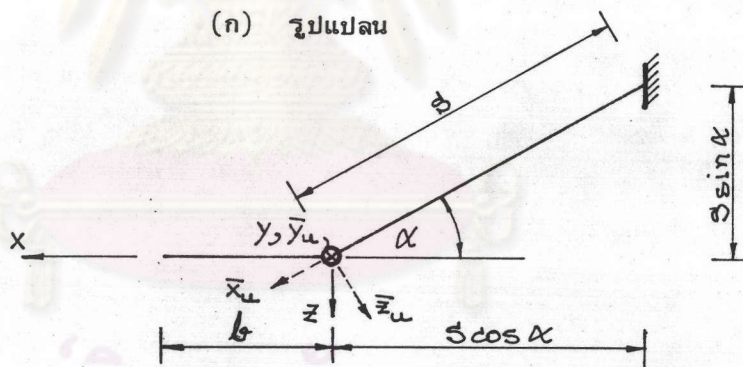


(ข) แรงภายในที่สนับสนุนใน โครงสร้างหลัก

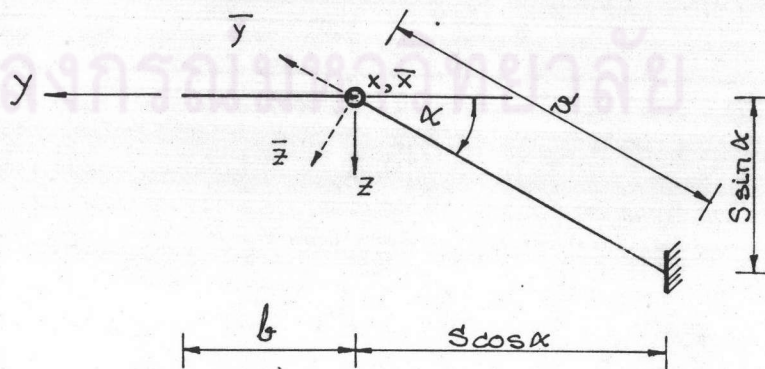
รูปที่ 4.3 โครงสร้างหลัก และแรงภายในที่สนับสนุน



(ก) รูปแปลน

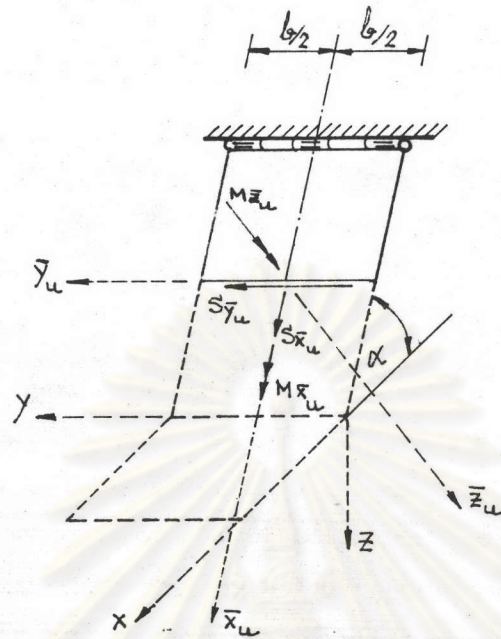


(ข) รูปด้านข้างของพื้นบันไดบน

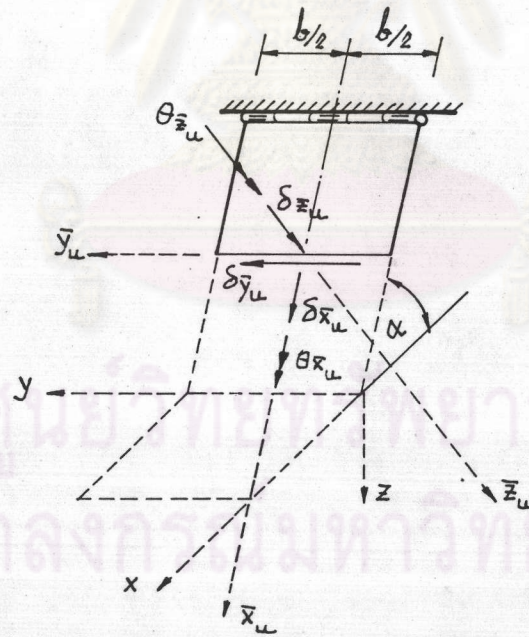


(ค) รูปด้านข้างของพื้นบันไดล่าง

รูปที่ 4.4 แสดงแกนโคออร์ดิเนตรองและโคออร์ดิเนตหลัก

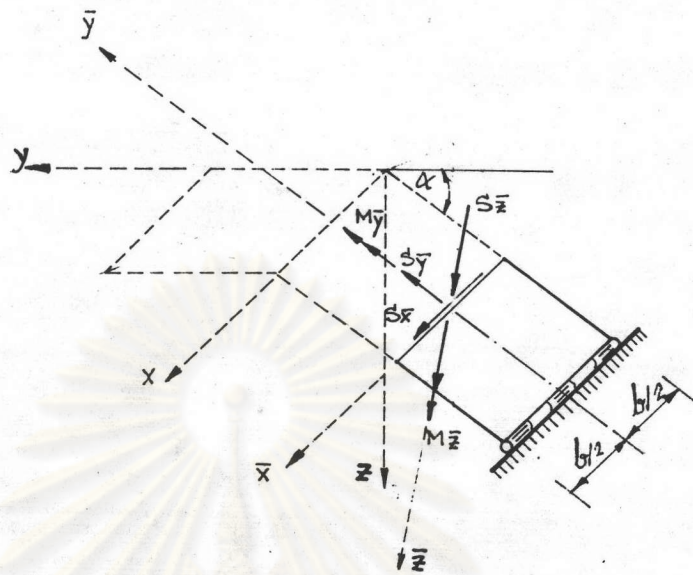


(ก) แรงภายในที่เป็นบวกของพื้นบันไดบน

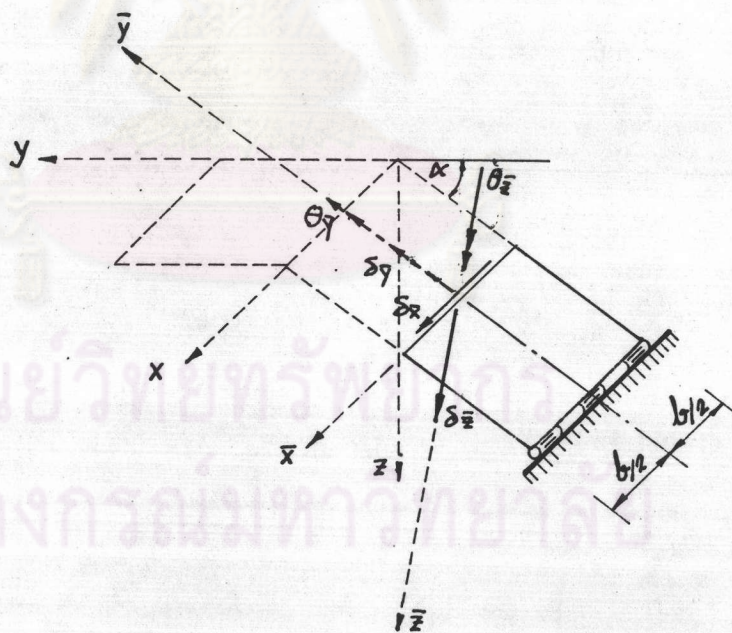


(ข) การเคลื่อนที่ที่เป็นบวกของพื้นบันไดบน

รูปที่ 4.5 แสดงแรงภายในและการเคลื่อนที่ที่เป็นบวกของพื้นบันไดบนในโครงสร้างหลัก

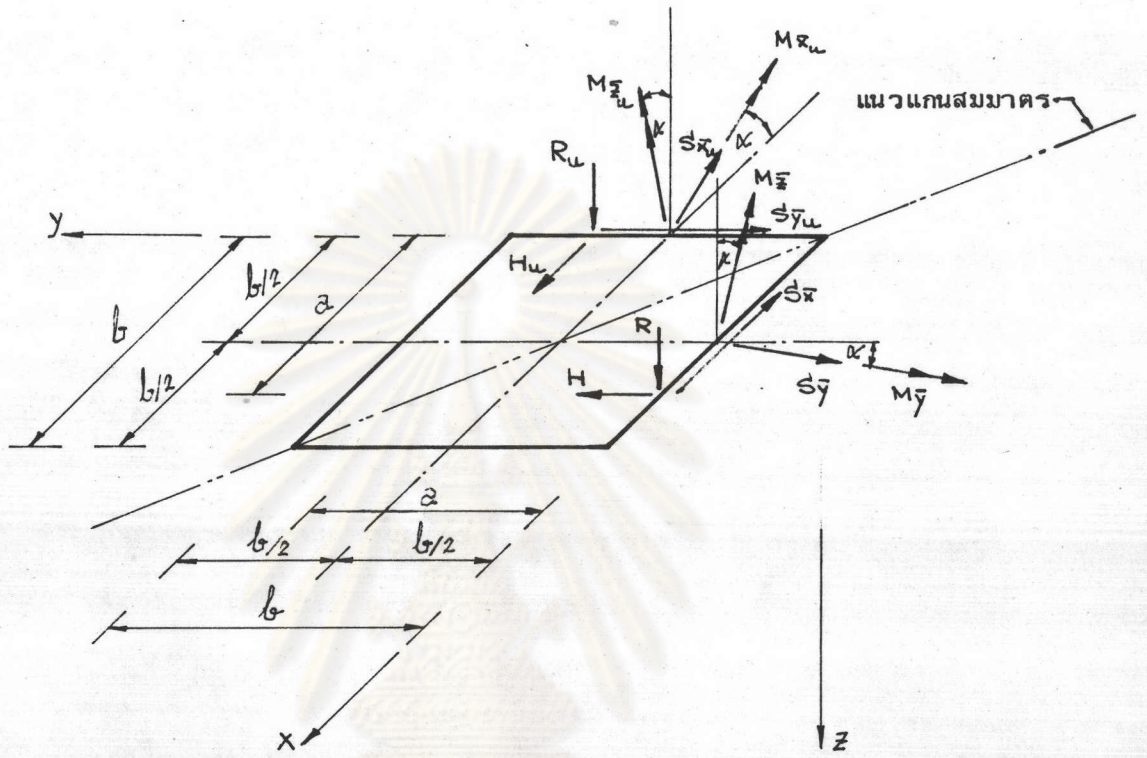


(ก) แรงภายในที่เป็นบวกของพื้นบันไดล่าง



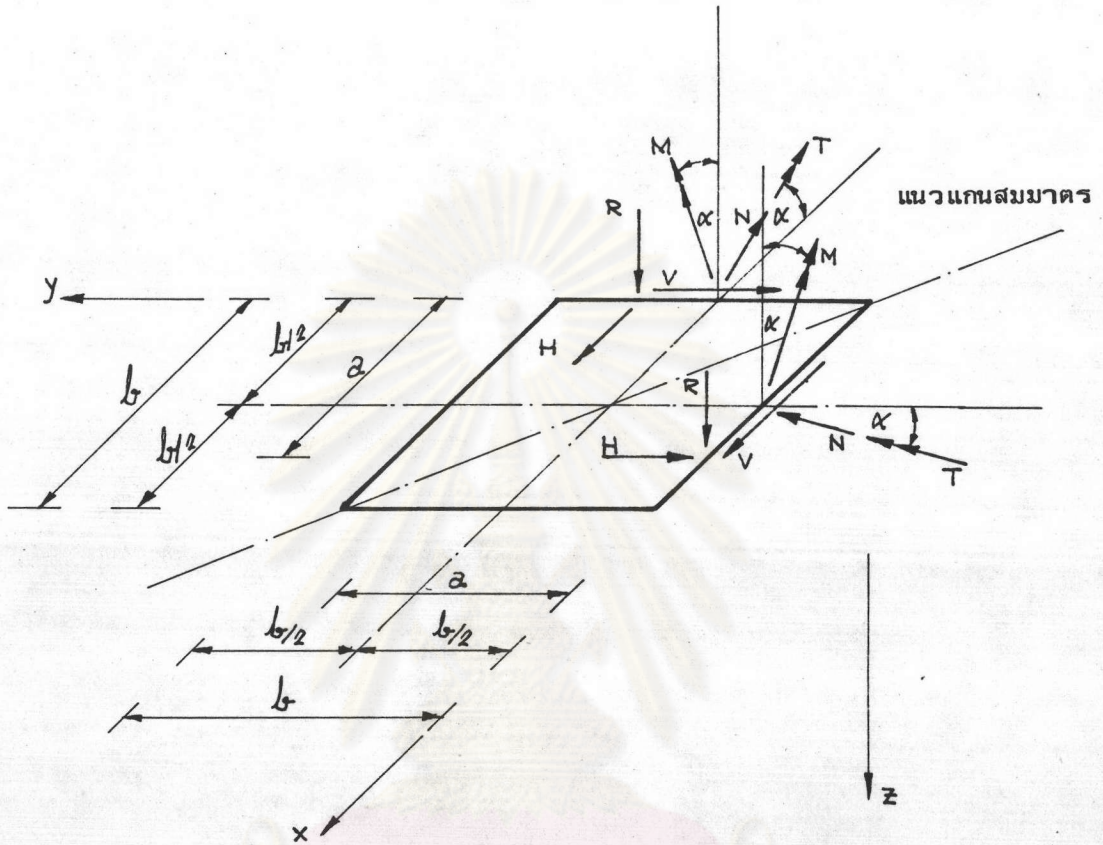
(ข) การเคลื่อนที่ที่เป็นบวกของพื้นบันไดล่าง

รูปที่ 4.6 แรงภายในและการเคลื่อนที่ที่เป็นบวกของพื้นบันไดล่างในโครงสร้างหลัก



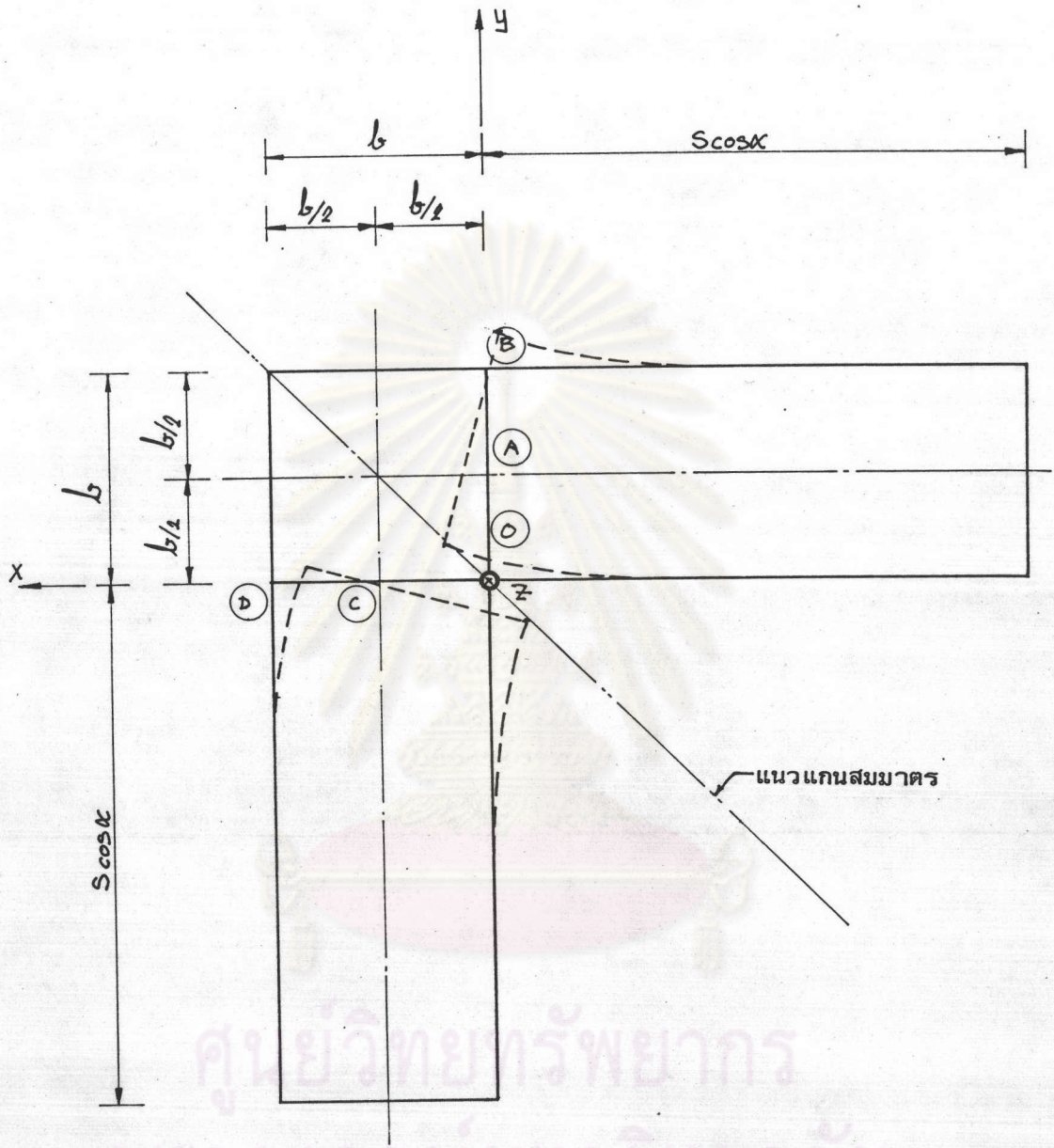
รูปที่ 4.7 การพิจารณาสถานะสมดุลของ "บันได" ส่วนชานหักในโครงสร้างหลัก
เมื่อแรงกระทำและแรงภายในมีทิศเป็นบวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.8 การพิจารณาภาวะสมดุลของ "บันได" ส่วนขานหักในโครงสร้างหลัก
เมื่อรับแรงกระทำ แบบปฏีสมาทร

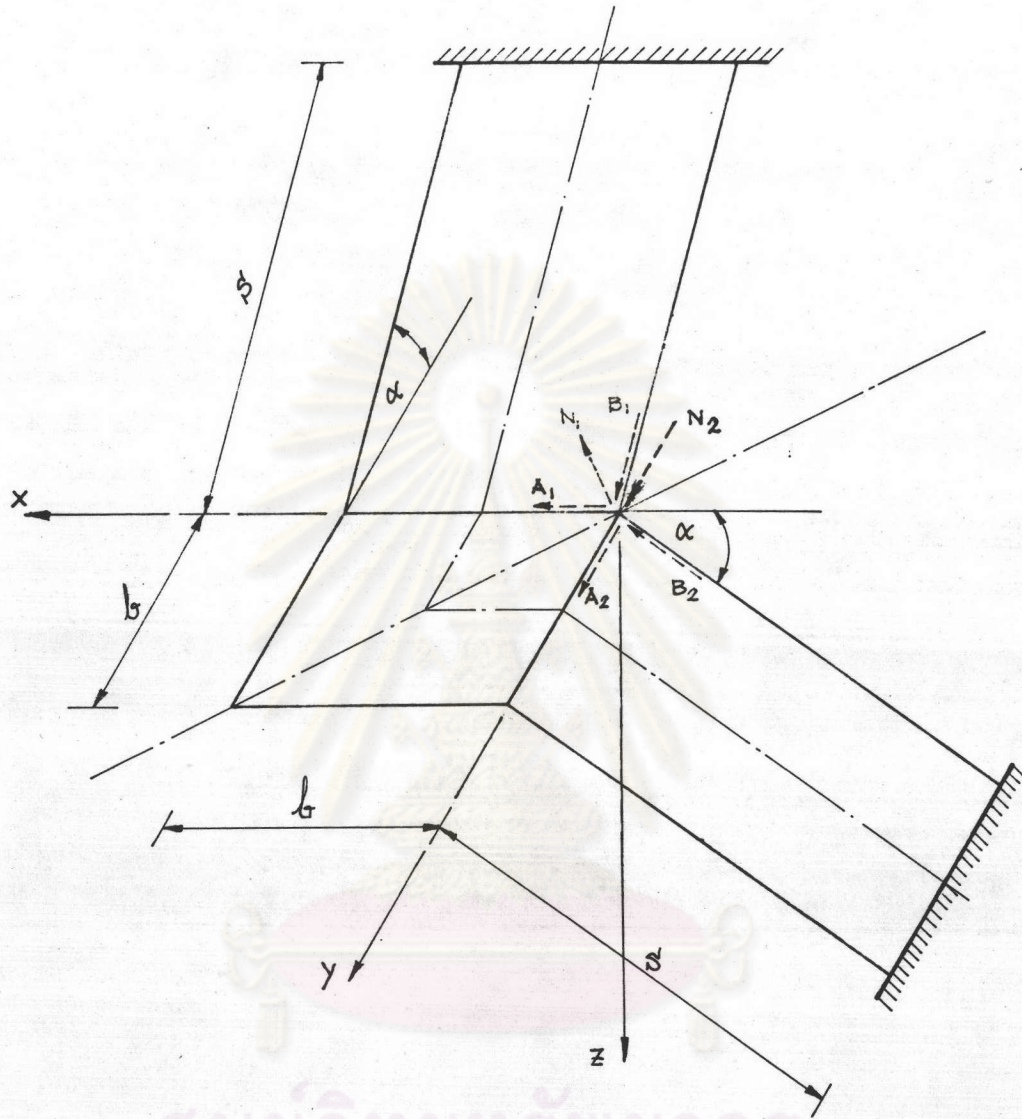
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



หมายเหตุ

1. เส้นปะแสดงตำแหน่งหลังการเคลื่อนที่
2. เส้นทึบแสดงตำแหน่งก่อนการเคลื่อนที่

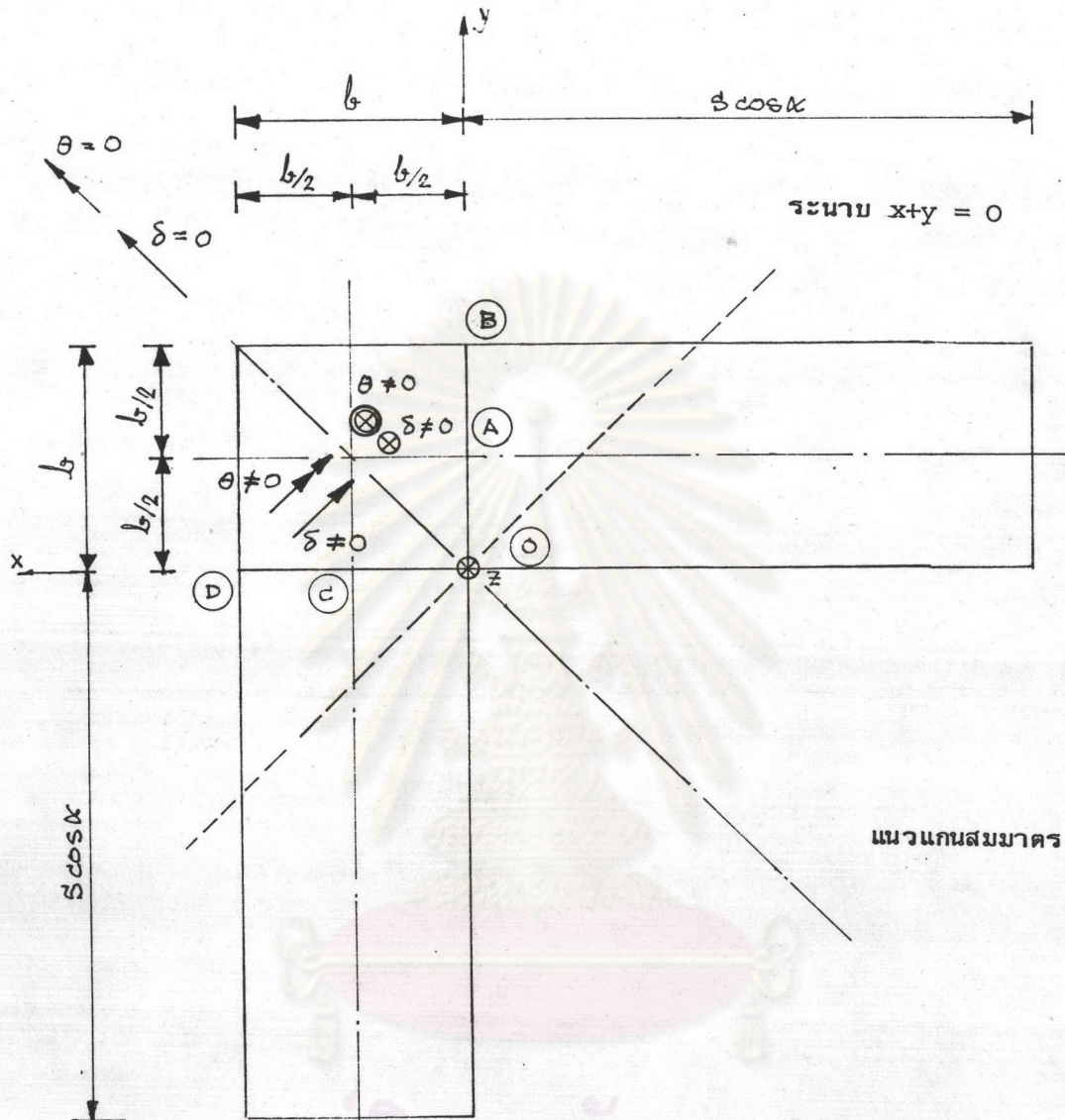
รูปที่ 4.9 การเคลื่อนที่ของโครงสร้างหลักก่อนการปรับแก้การเคลื่อนที่



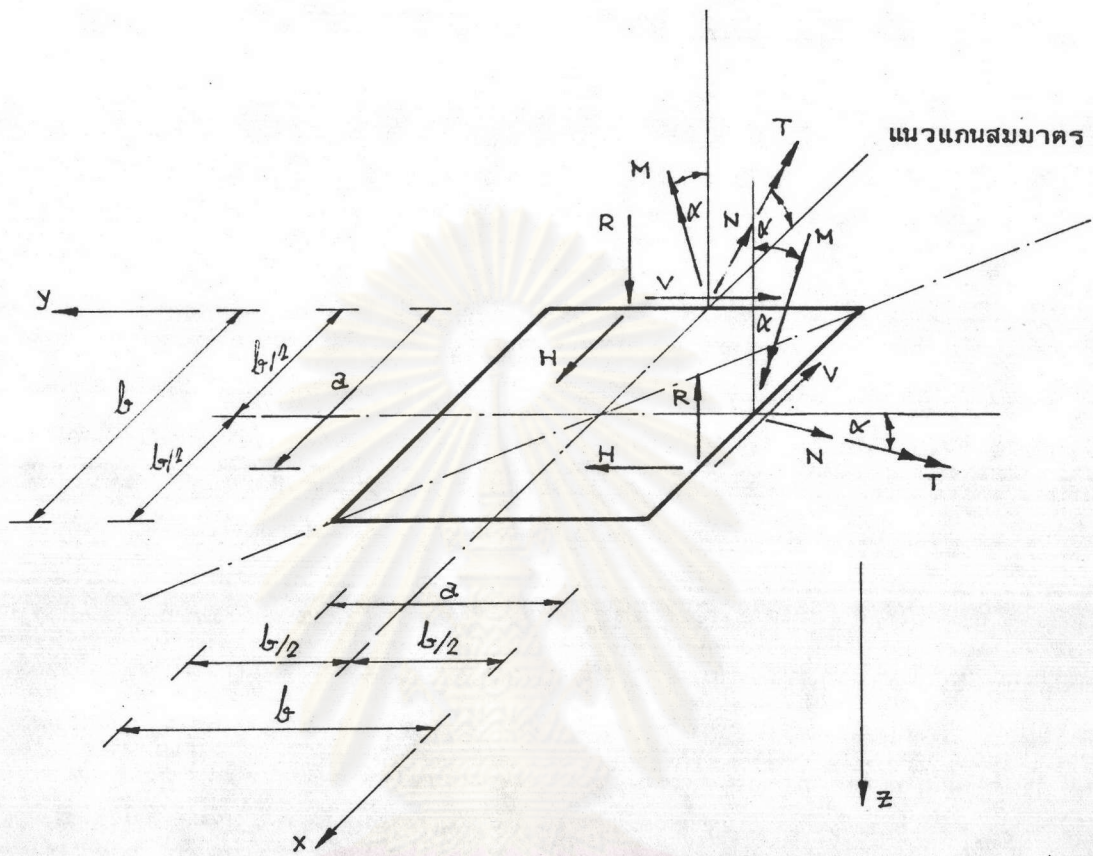
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.10

เวกเตอร์นอร์มัลของพื้นบนไดบนและพื้นบนไคล่าง

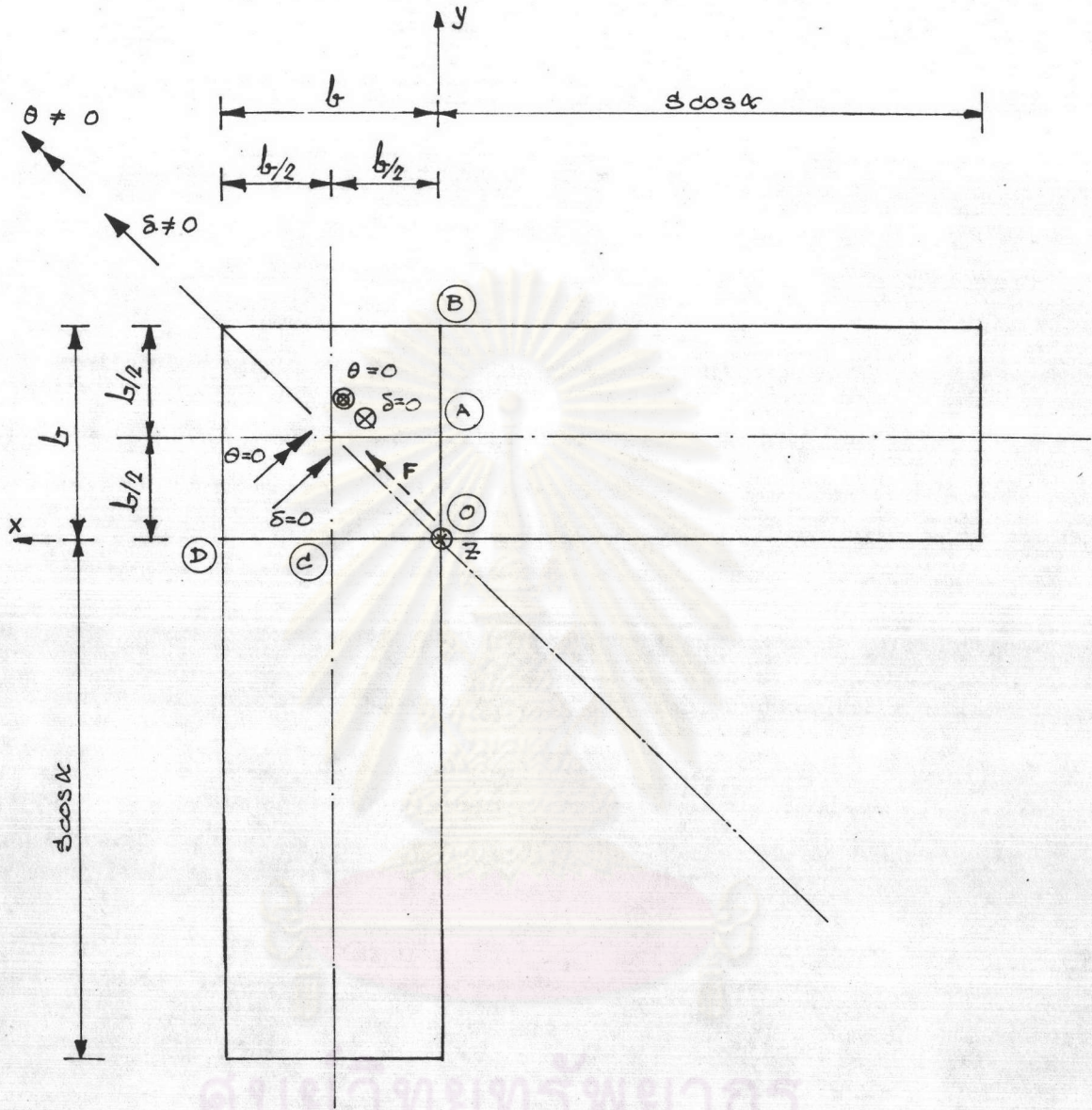


รูปที่ 4.11 ระนาบการเคลื่อนที่ของจุด o เมื่อรับน้ำหนักบรรทุกทุกแบบปฏิสมมาตร

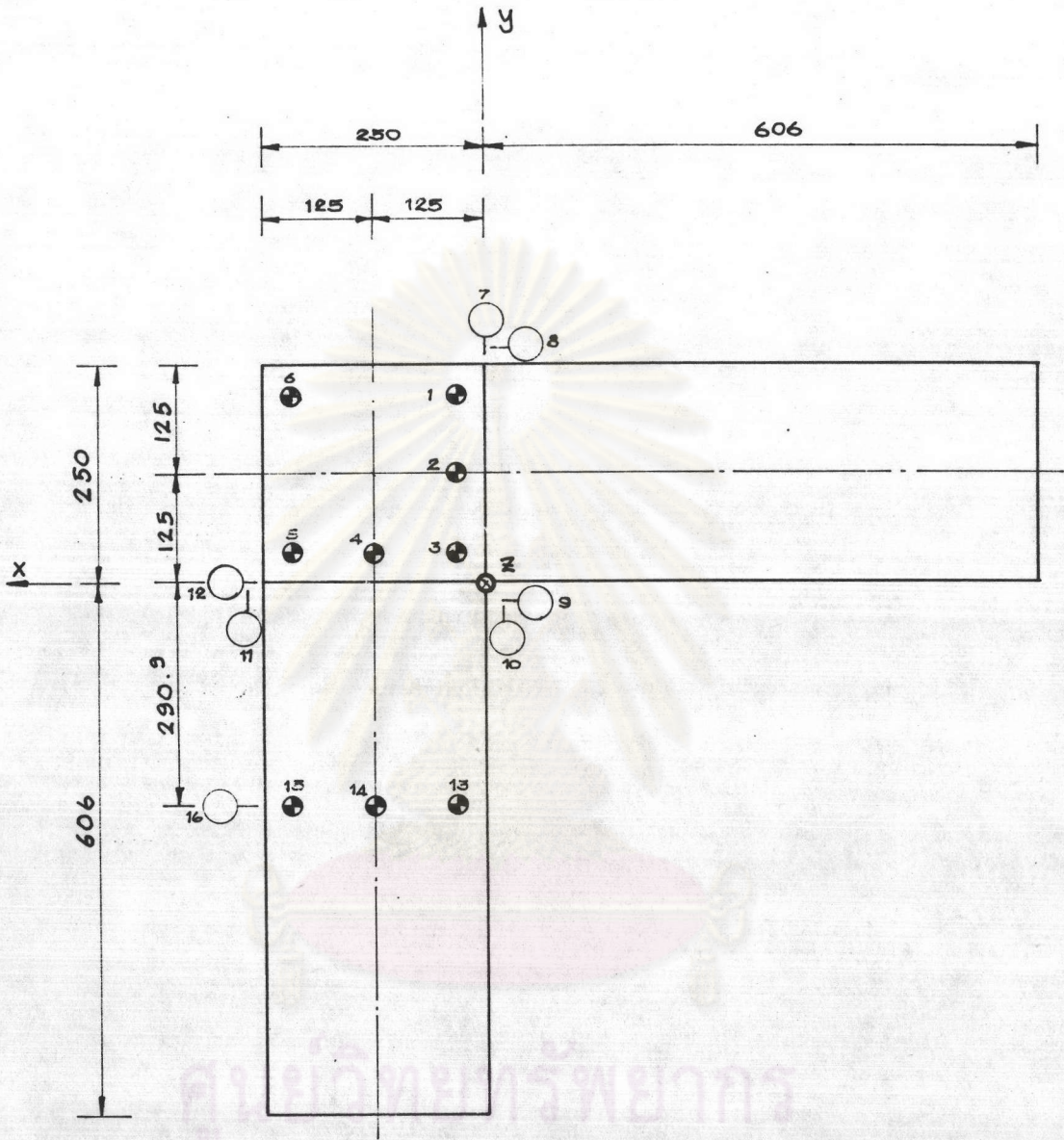


รูปที่ 4.12 การพิจารณาสถานะสมดุลของ "บันได" ส่วนชานพักในโครงสร้างหลักเมื่อรับแรงกระทำแบบสมมาตร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.13 การเคลื่อนที่ของจุดบนแกนสมมาตร เมื่อรับน้ำหนักแรงทุกแบบสมมาตร

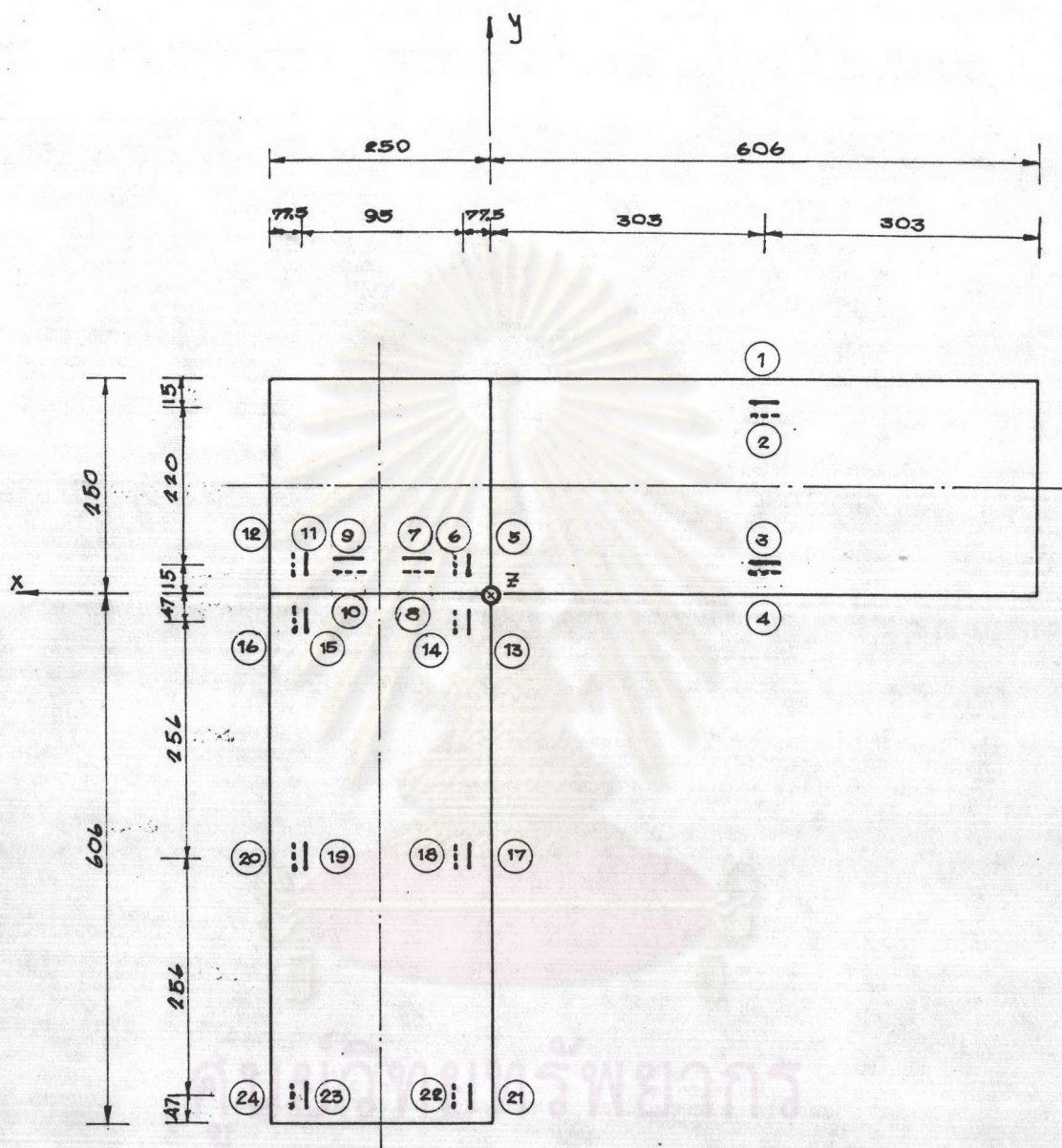


⊕ แทน เกจที่แกนวางตัว ในแนวตั้งฉากกับระนาบของพื้นบันไดหรือชานพัก

○ แทน เกจที่แกนวางตัวในระนาบราบ

หน่วย เป็นมิลลิ เมตร

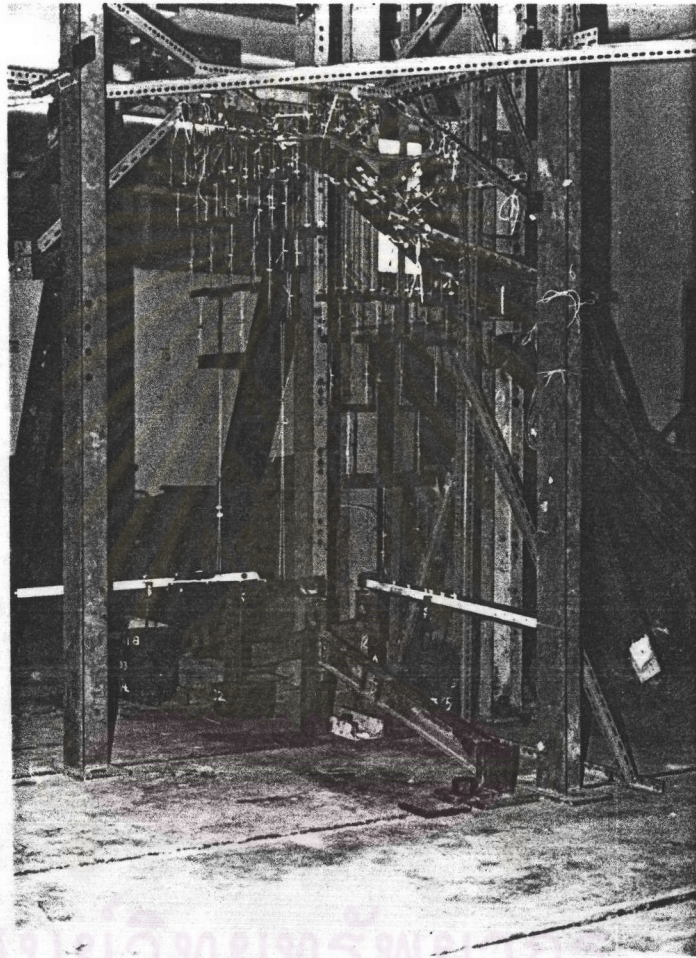
รูปที่ 5.1 แปลนตำแหน่งของ เกจแบบหน้ามีทิม



- แทน เกจที่ติดบนผิวบนของแบบจำลอง
- - - แทน เกจที่ติดบนผิวล่างของแบบจำลอง

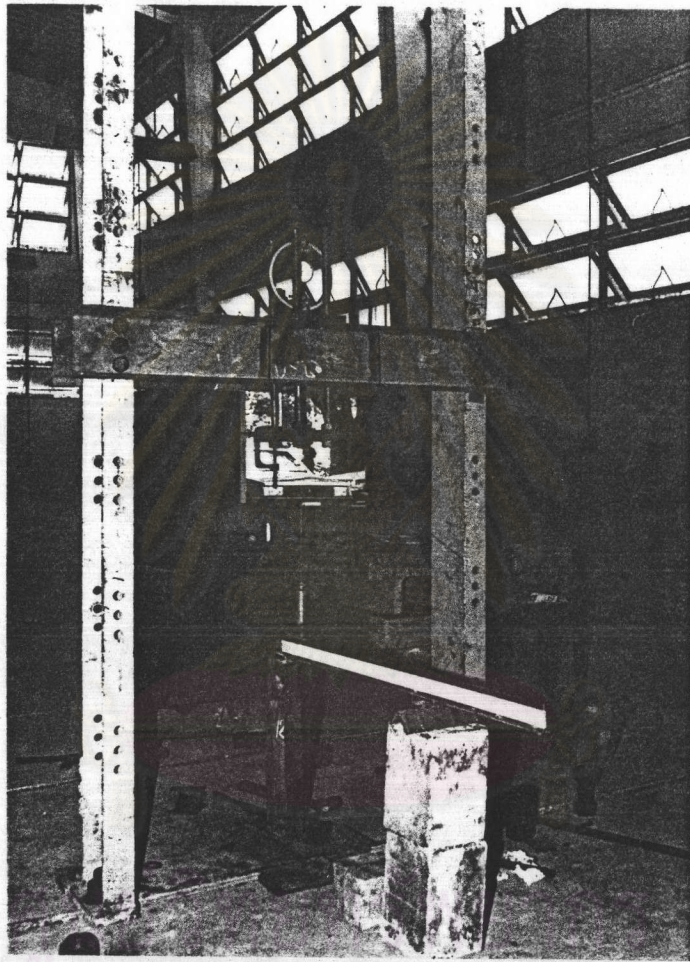
หน่วย เป็นมิลลิเมตร

รูปที่ 5.2 แปลนตำแหน่งของ เกจวัดความ เครียดชนิดไฟฟ้า



ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

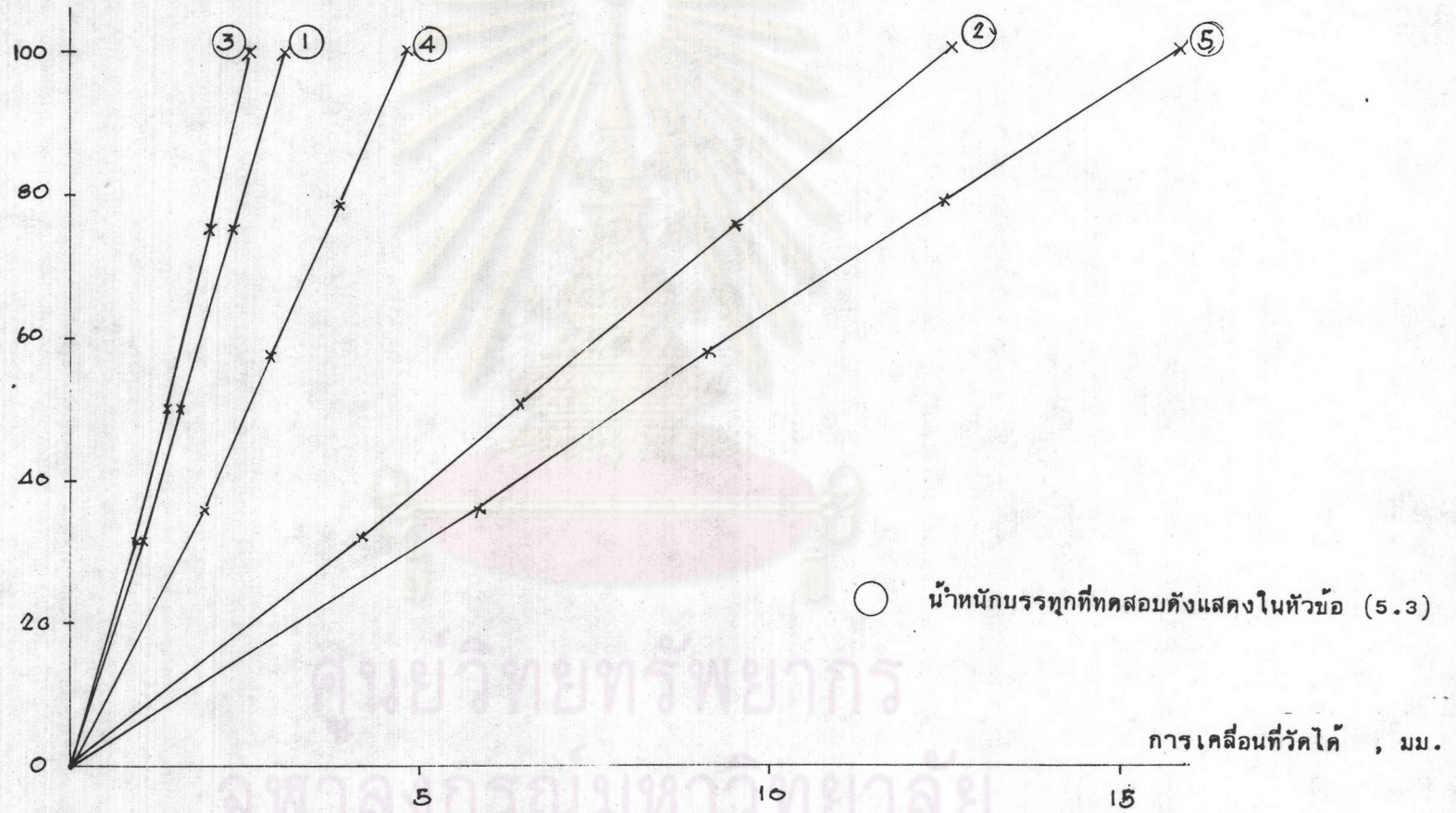
รูปที่ 5.3 การแขวนลวดสลิงและการบรรจุหน้าหนัก



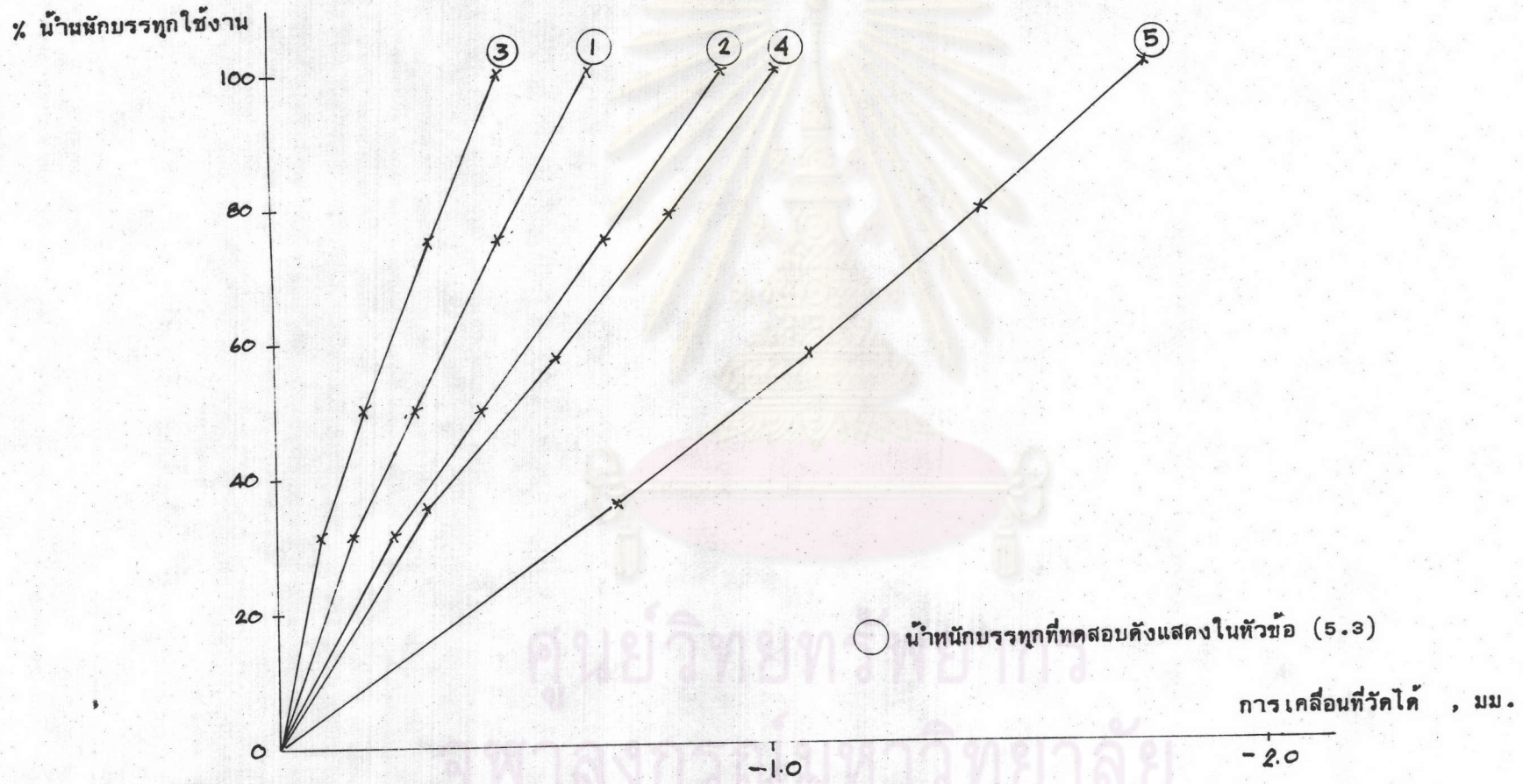
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 5.4 อุปกรณ์ฝังน้ำหนัก

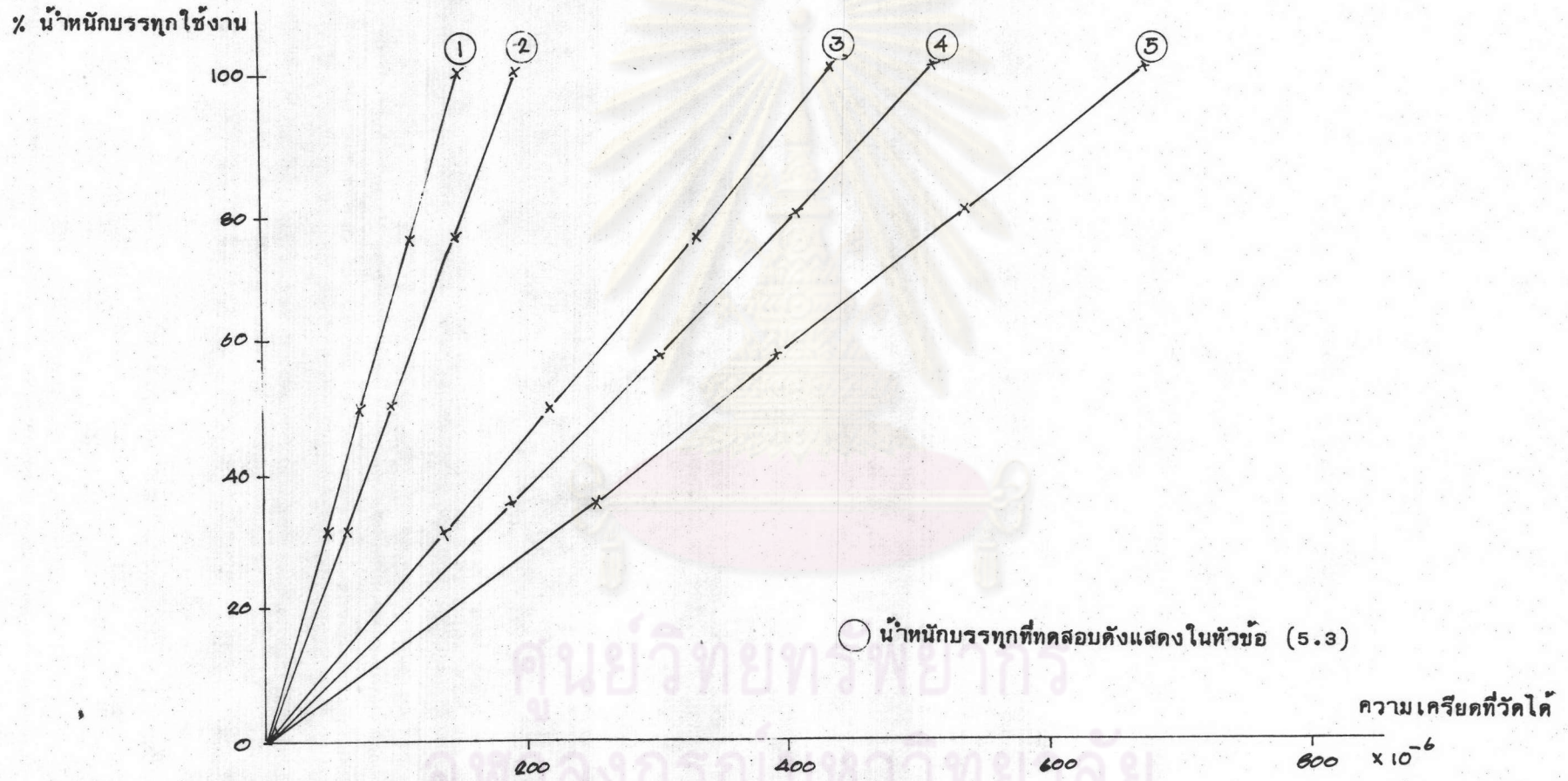
% น้ำหนักบรรทุกใช้งาน



รูปที่ 6.1 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกทุกและการเคลื่อนที่ในแนวตั้ง ตรงตำแหน่งของเกจ
แบบหน้าปัดหมายเลข 6



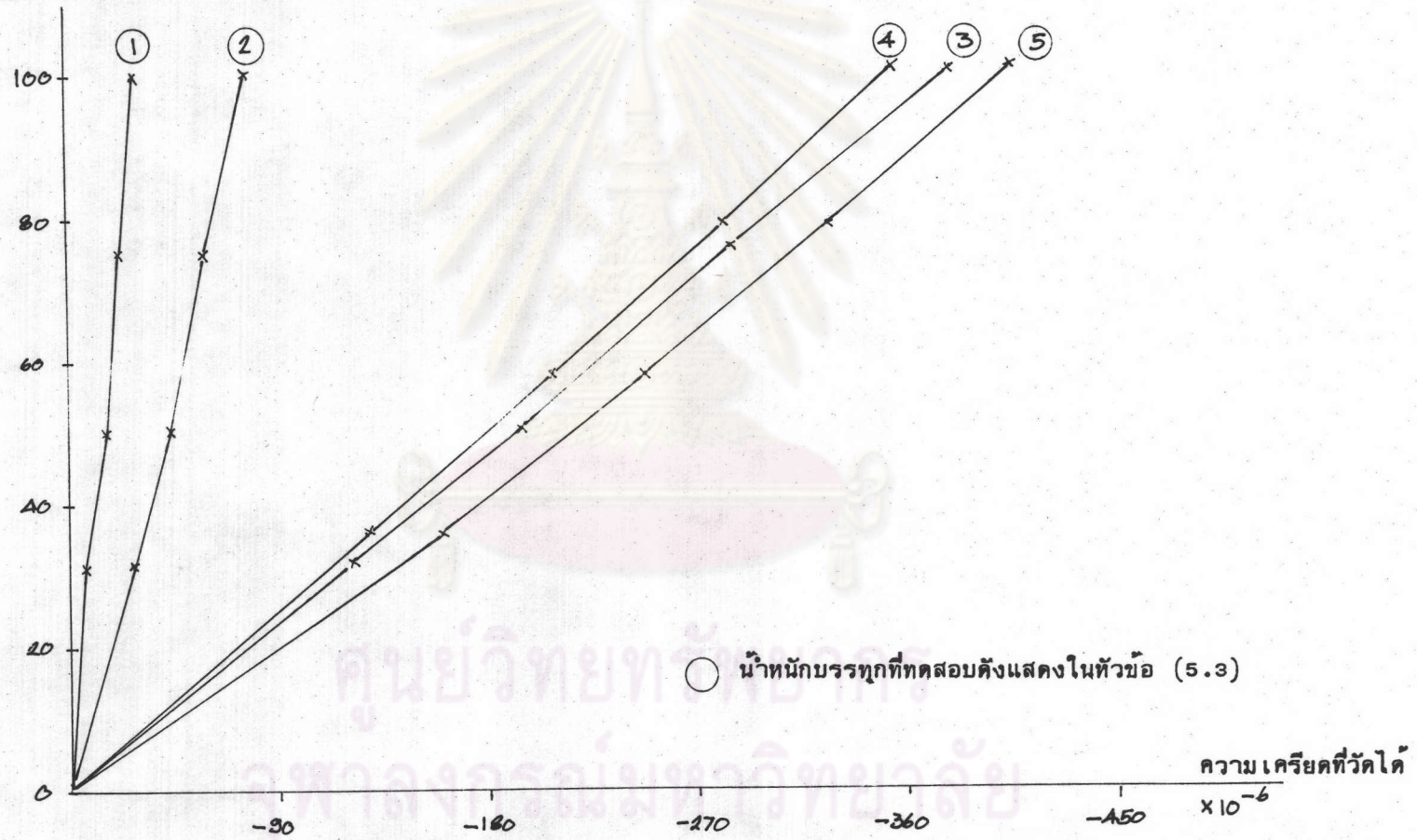
รูปที่ 6.2 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรทุกและการเคลื่อนที่ในแนวราบ ตรงตำแหน่งของเกจ
แบบหน้าปัดหมายเลข 12



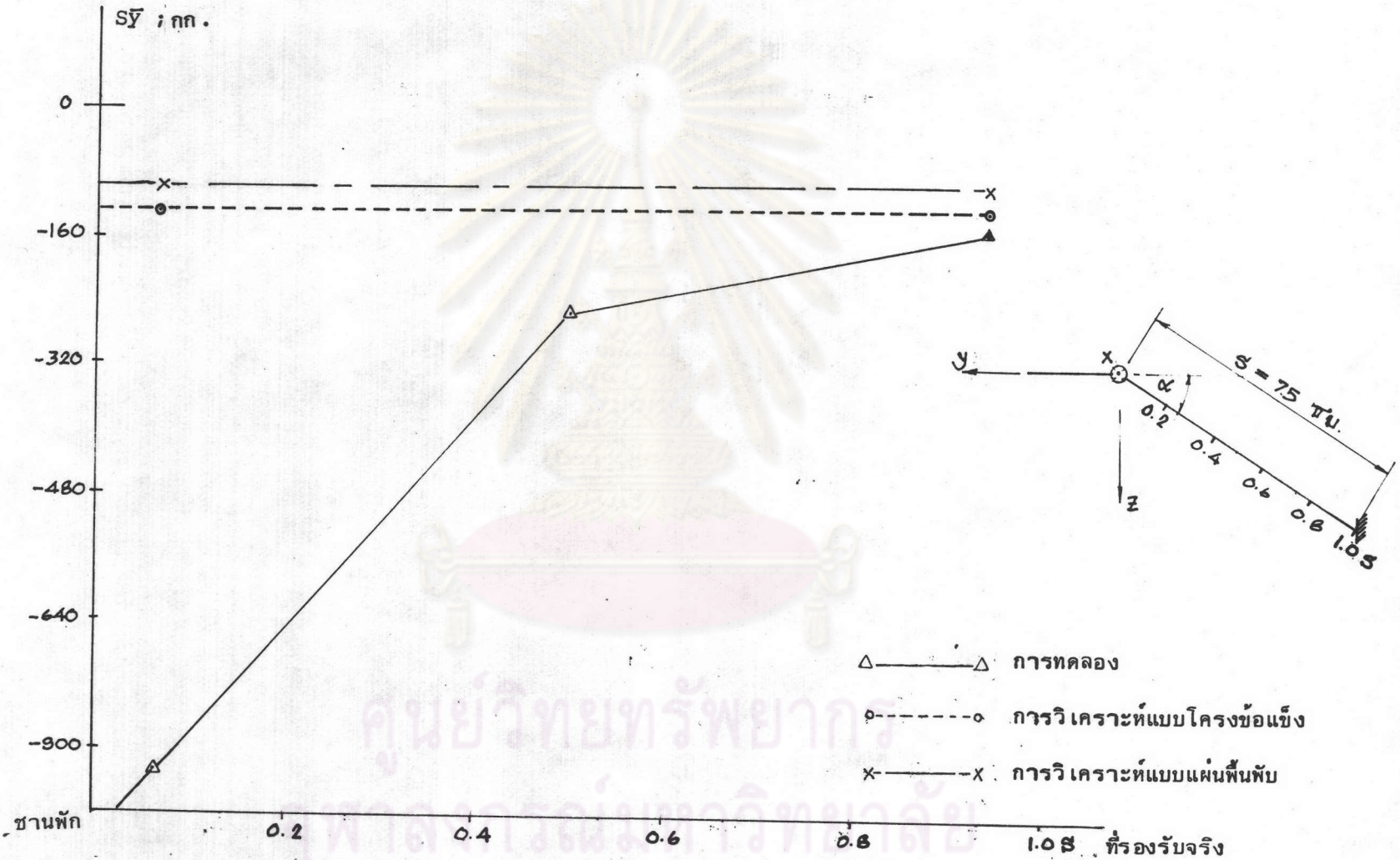
รูปที่ 6.3 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำนํกบรทุกและความเครียดที่วัดได้ของแกวัดความเครียด

ชนิดไฟท์หมายเลข 23

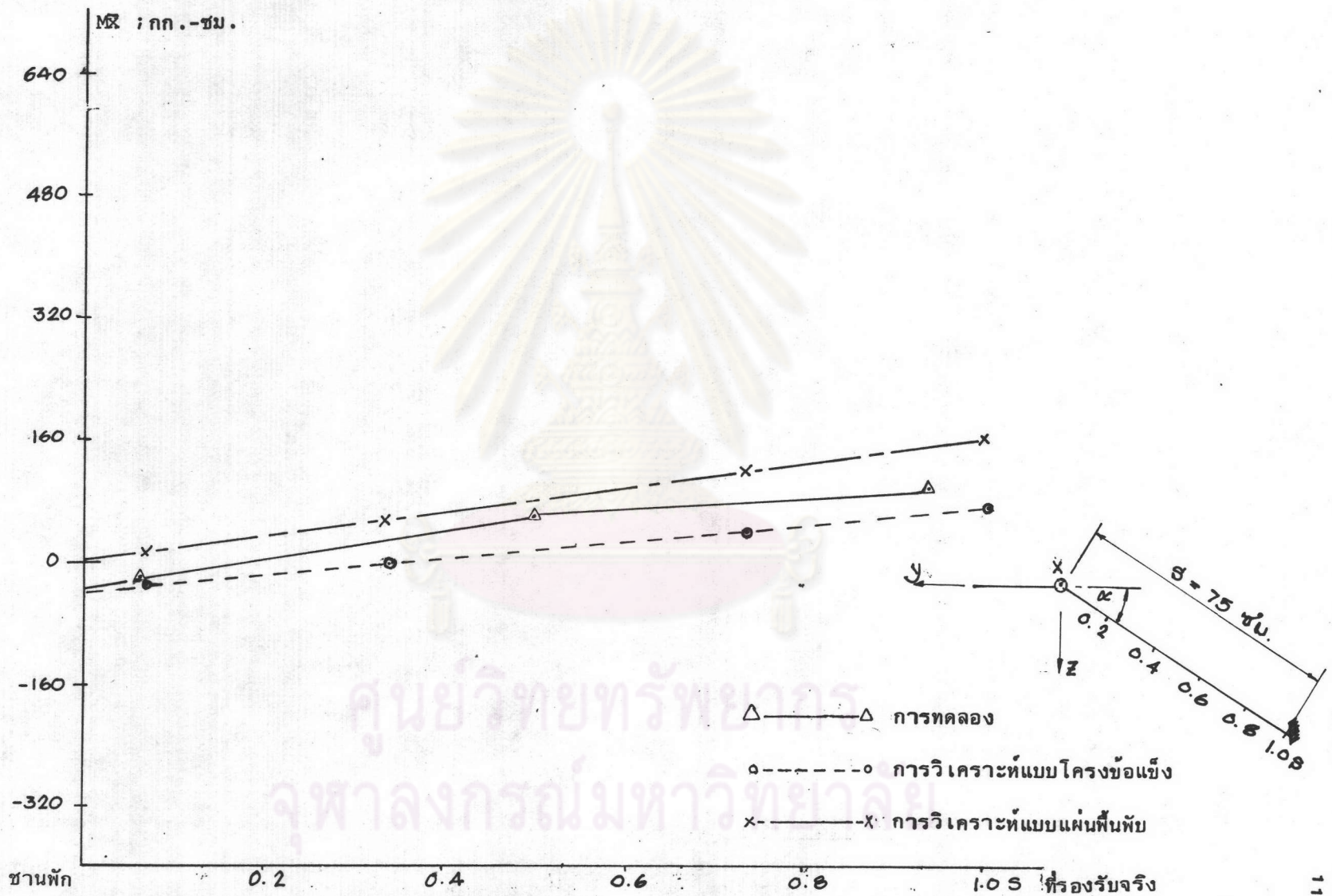
% น้ำหนักบรรทุกใช้งาน



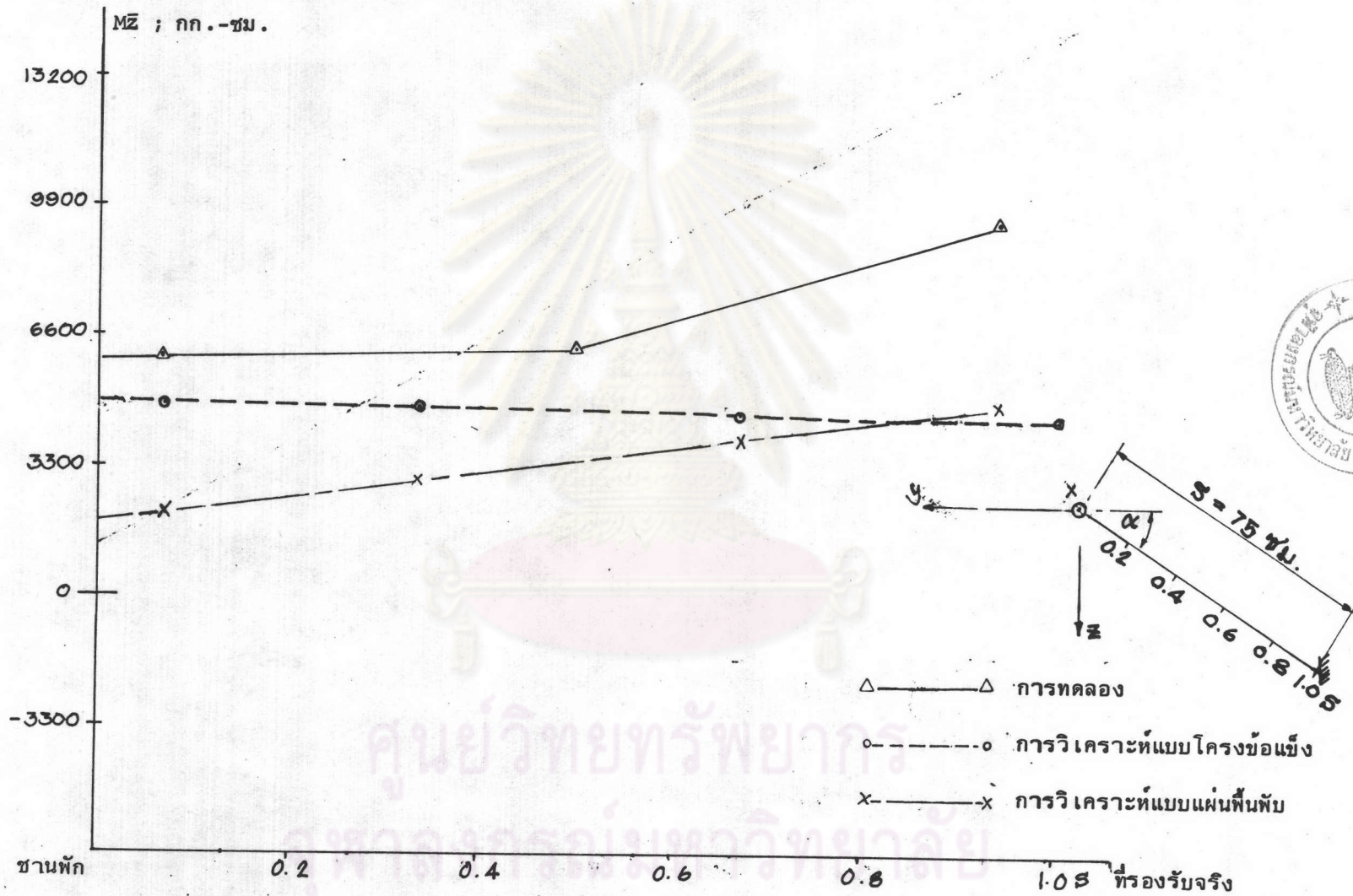
รูปที่ 6.4 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกและความเครียดที่วัดได้ของเสาเข็มความเครียด ชนิดไฟฟ้าหมายเลข 24



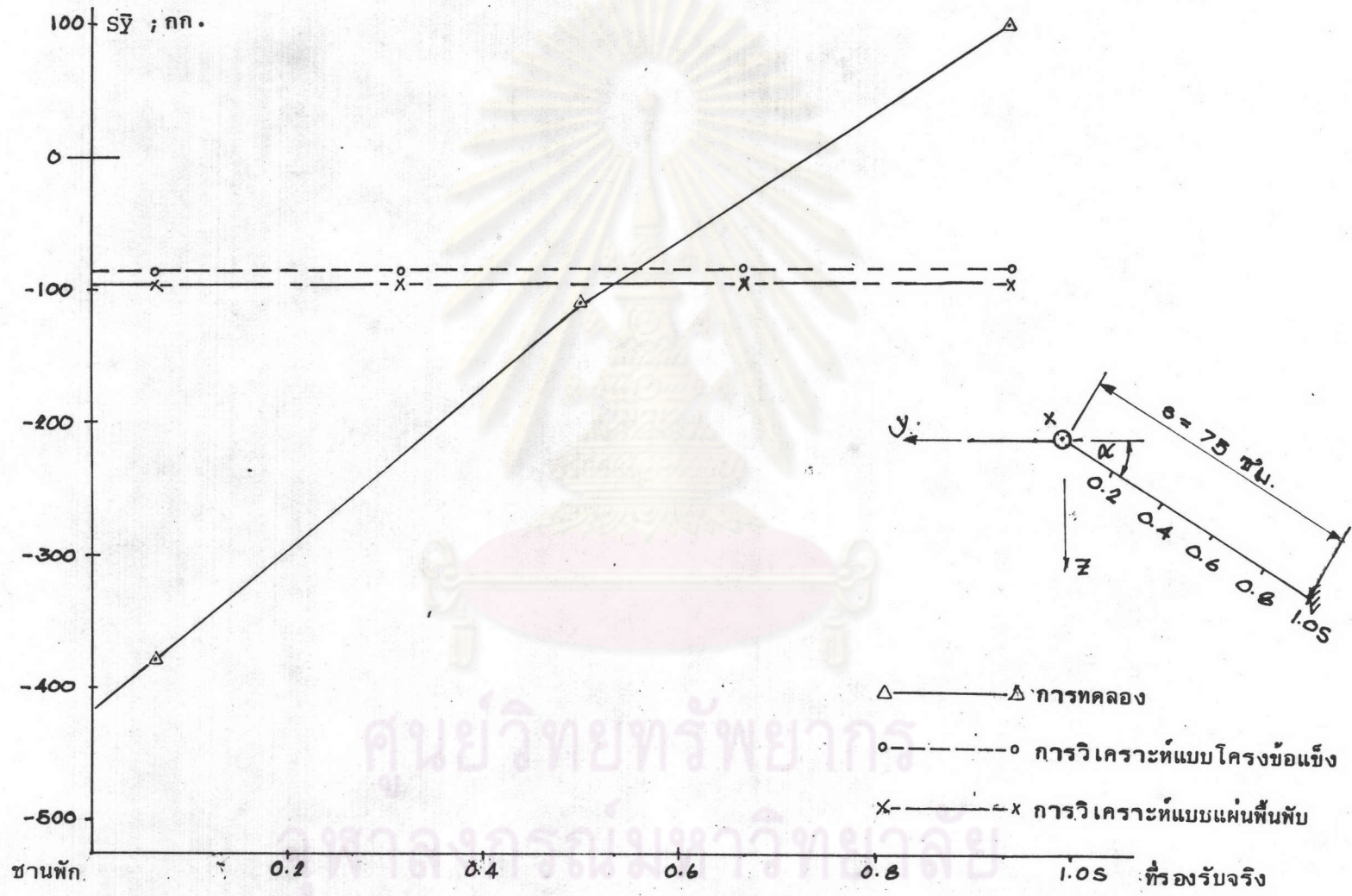
รูปที่ 6.5 การกระจายของแรงตามแนวแกน (S_y) ในพื้นบันไดล่างเมื่อแบบจำลองรับน้ำหนักบรรทุกกบนพื้นบันไดคอน เท้ากับ 1600 กก./ม^2



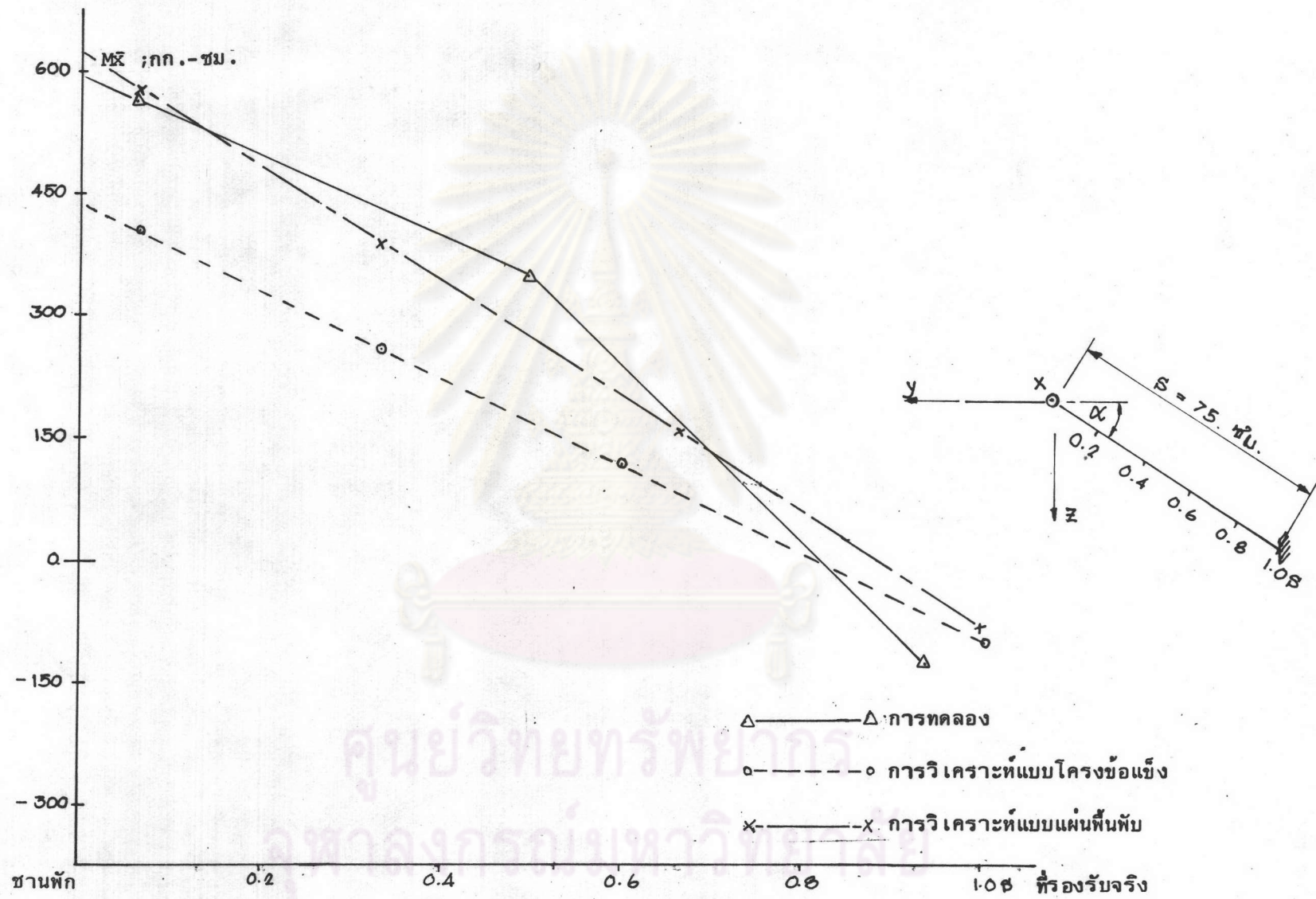
รูปที่ 6.6 การกระจายของโมเมนต์คด M_x ในพื้นบันไดล่าง เมื่อแบบจำลองรับน้ำหนักบรรทุกบนพื้นบันไดบน เท่ากับ 1600 กก./ม^2



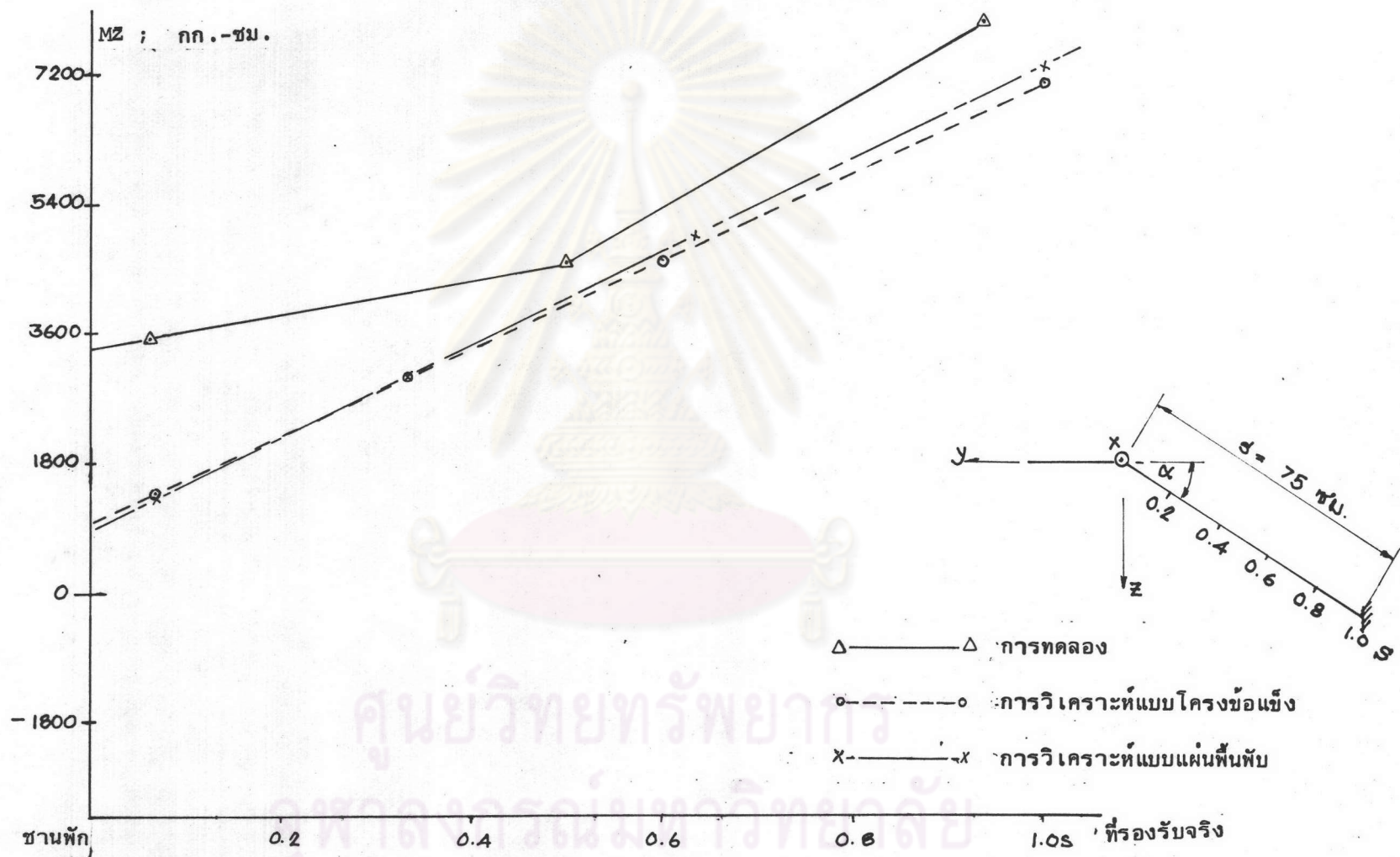
รูปที่ 6.7 การกระจายของโมเมนต์ดัดในทิศตั้งฉากระนาบของพื้นบันไดล่าง (M_z) เมื่อแบบจำลองรับน้ำหนักบรรทุกทุกบนพื้นบันไดบนเท่ากับ 1600 กก./ม^2



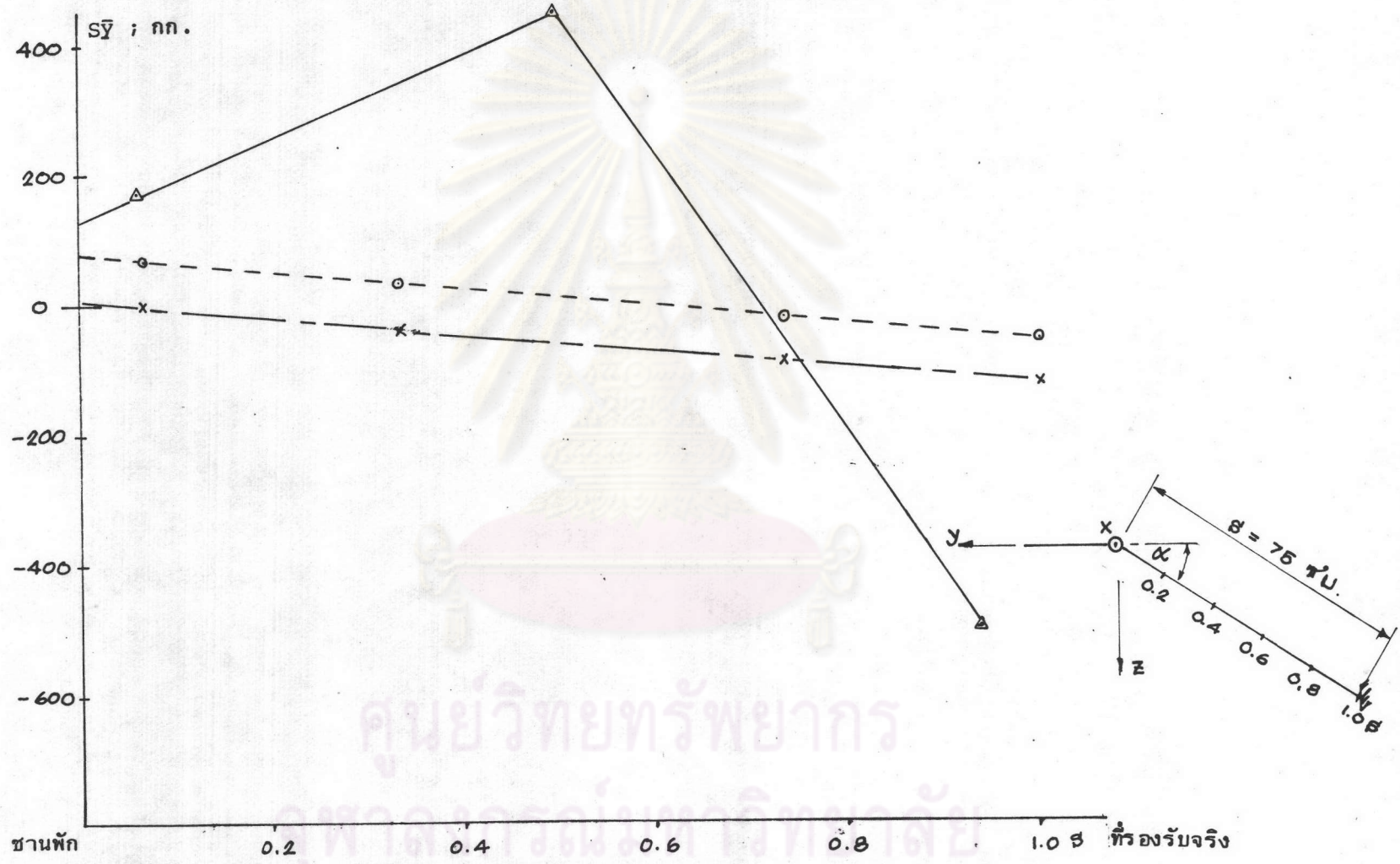
รูปที่ 6.8 การกระจายของแรงตามแนวแกน (s_y) ในพื้นบันไดล่าง, เมื่อแบบจำลองรับน้ำหนักบรรทุกบนชานพัก เท่ากับ 1600 กก./ม^2



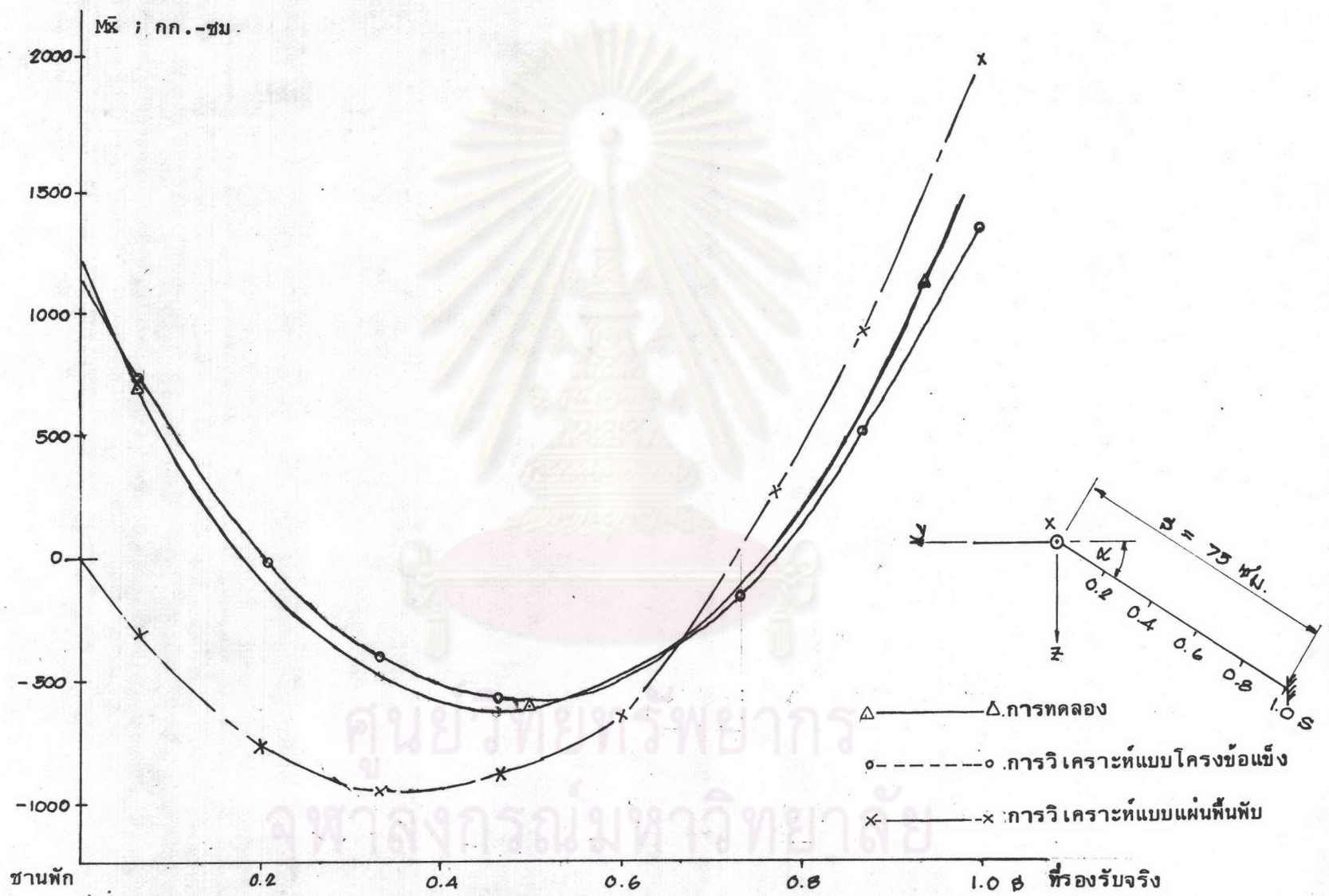
รูปที่ 6.9 การกระจายของโมเมนต์คด M_x ในพื้นบันไดล่าง เมื่อแบบจำลองรับน้ำหนักบรรทุกบนชานหัก เท่ากับ 1600 กก./ม^2



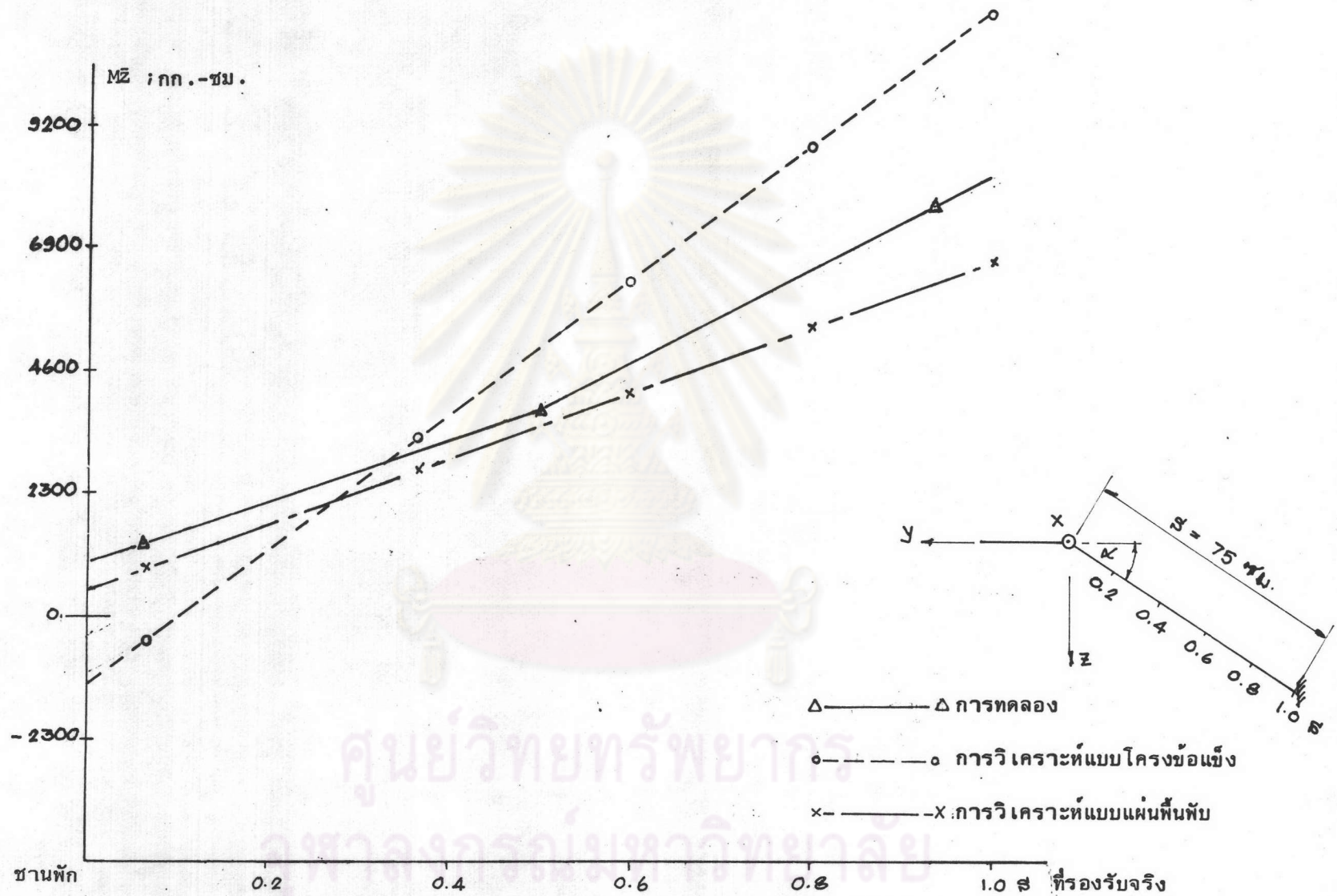
รูปที่ 6.10 การกระจายของโมเมนต์ดัดในทิศตั้งฉากจากระนาบของพื้นบันไดล่าง (MZ) เมื่อแบบจำลองรับน้ำหนักบรรทุกบนชานพักเท่ากับ 1600 กก./ม²



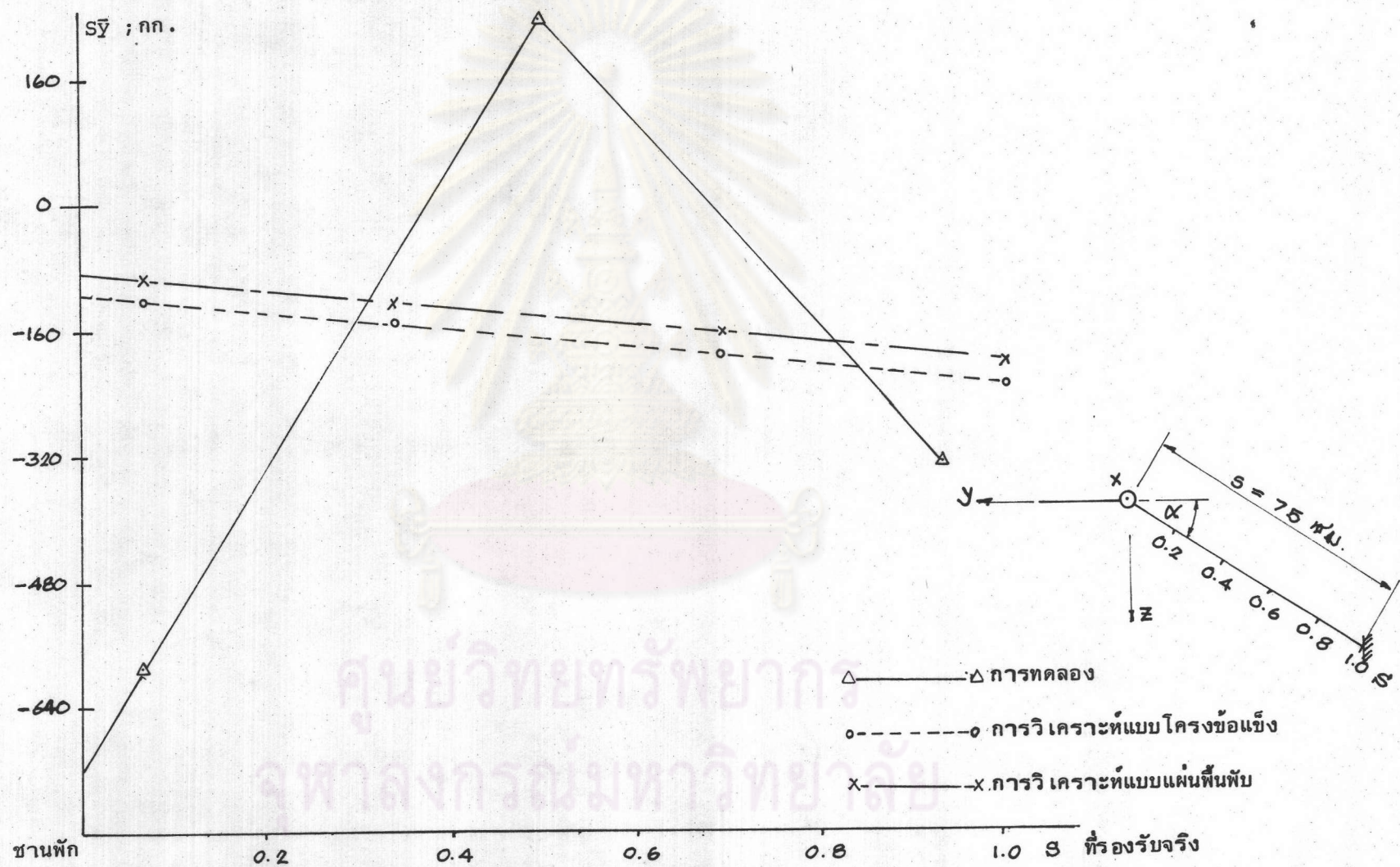
รูปที่ 6.11 การกระจายของแรงตามแนวแกน (σ_y) ในพื้นบันไดล่างเมื่อแบบจำลองรับน้ำหนักบรรทุกบนพื้นบันไดล่าง เท่ากับ 1600 กก./ม²



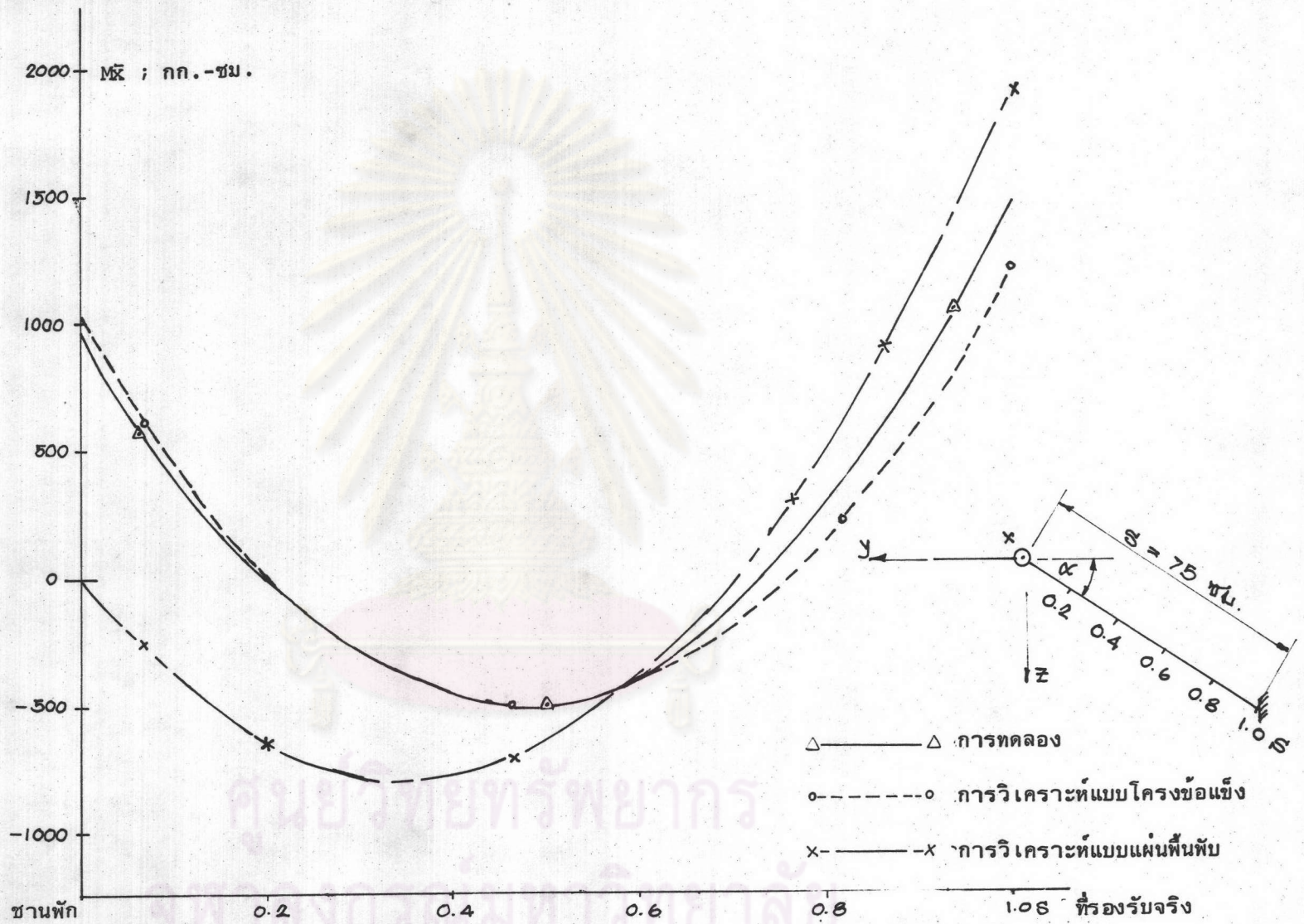
รูปที่ 6.12 การกระจายของโมเมนต์ค้ด M_x ในพื้นบันไดล่าง เมื่อแบบจำลองรับน้ำหนักบรรทุกทุกบนพื้นบันไดล่าง เท่ากับ 1600 กก./ม²



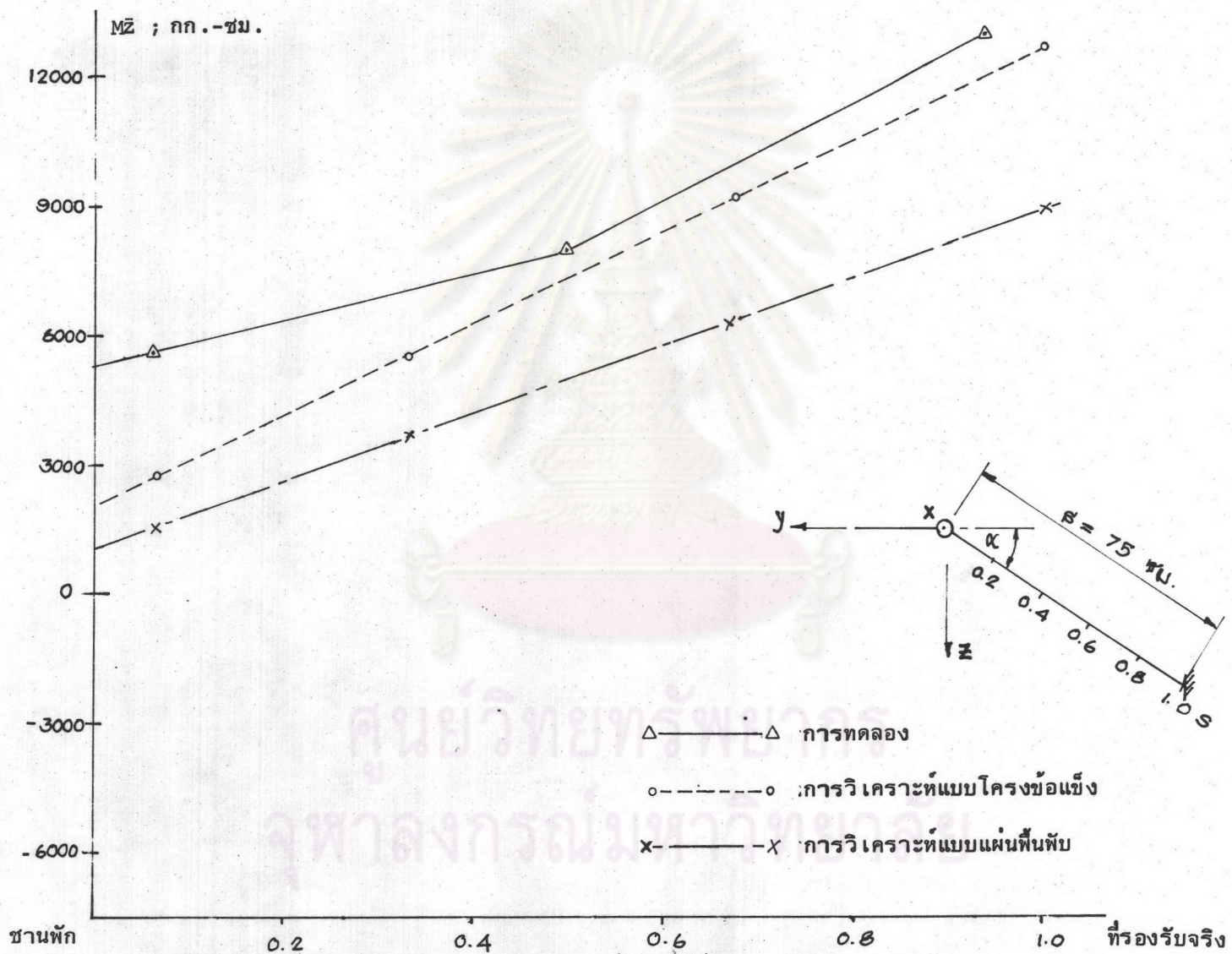
รูปที่ 6.13 การกระจายของโมเมนต์ดัดในทิศตั้งฉากระนาบของพื้นบันไดล่าง (Mz) เมื่อแบบจำลองรับน้ำหนักบรรทุกบนพื้นบันไดล่างเท่ากับ 1600 กก./ม²



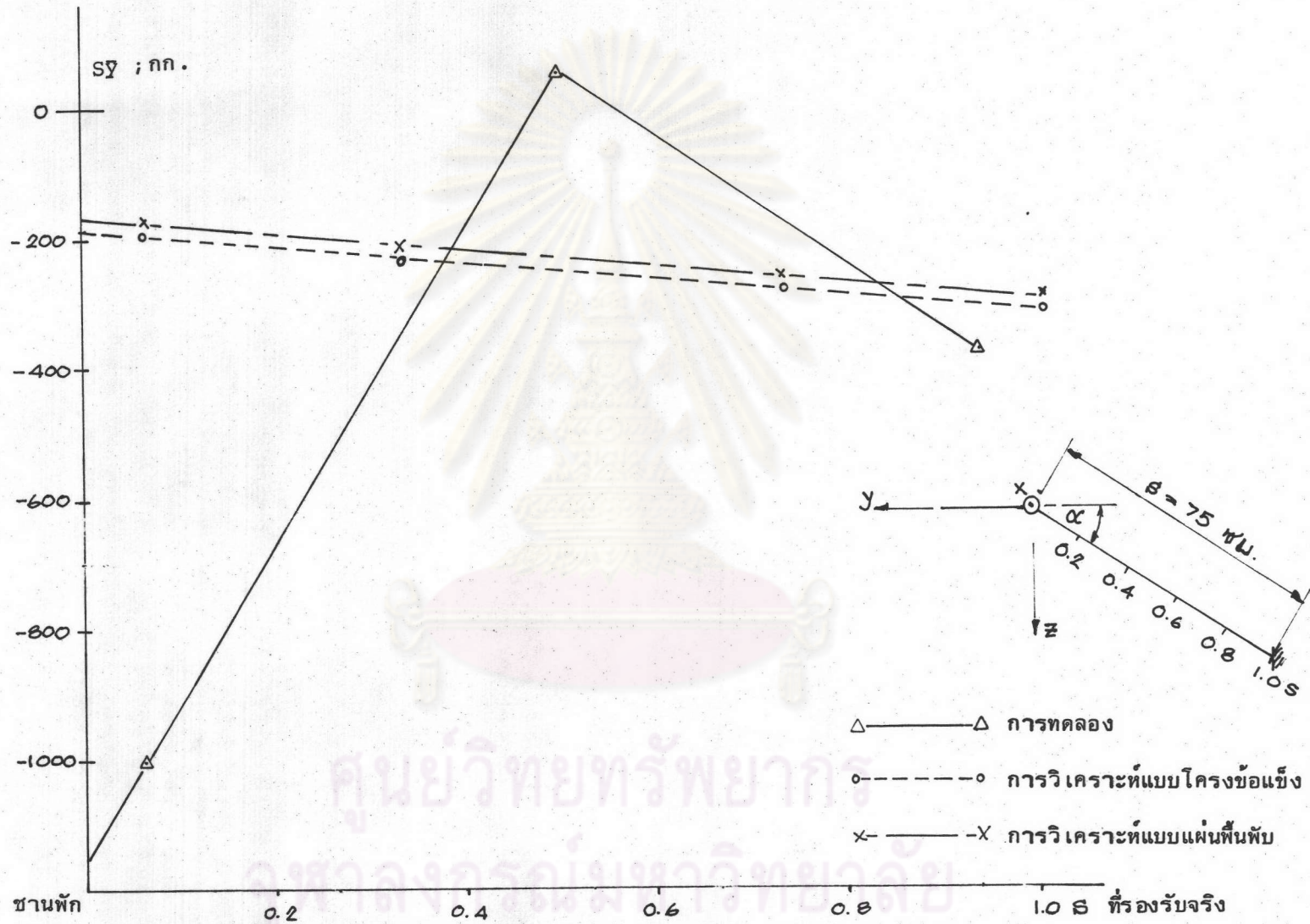
รูปที่ 6.14 การกระจายของแรงตามแนวแกน ($S\bar{y}$) ในที่บันไดอ่างเมื่อแบบจำลองรับน้ำหนักบรรทุกกบนพื้นบันไดบนและล่าง เท่ากับ 1400 กก./ม^2



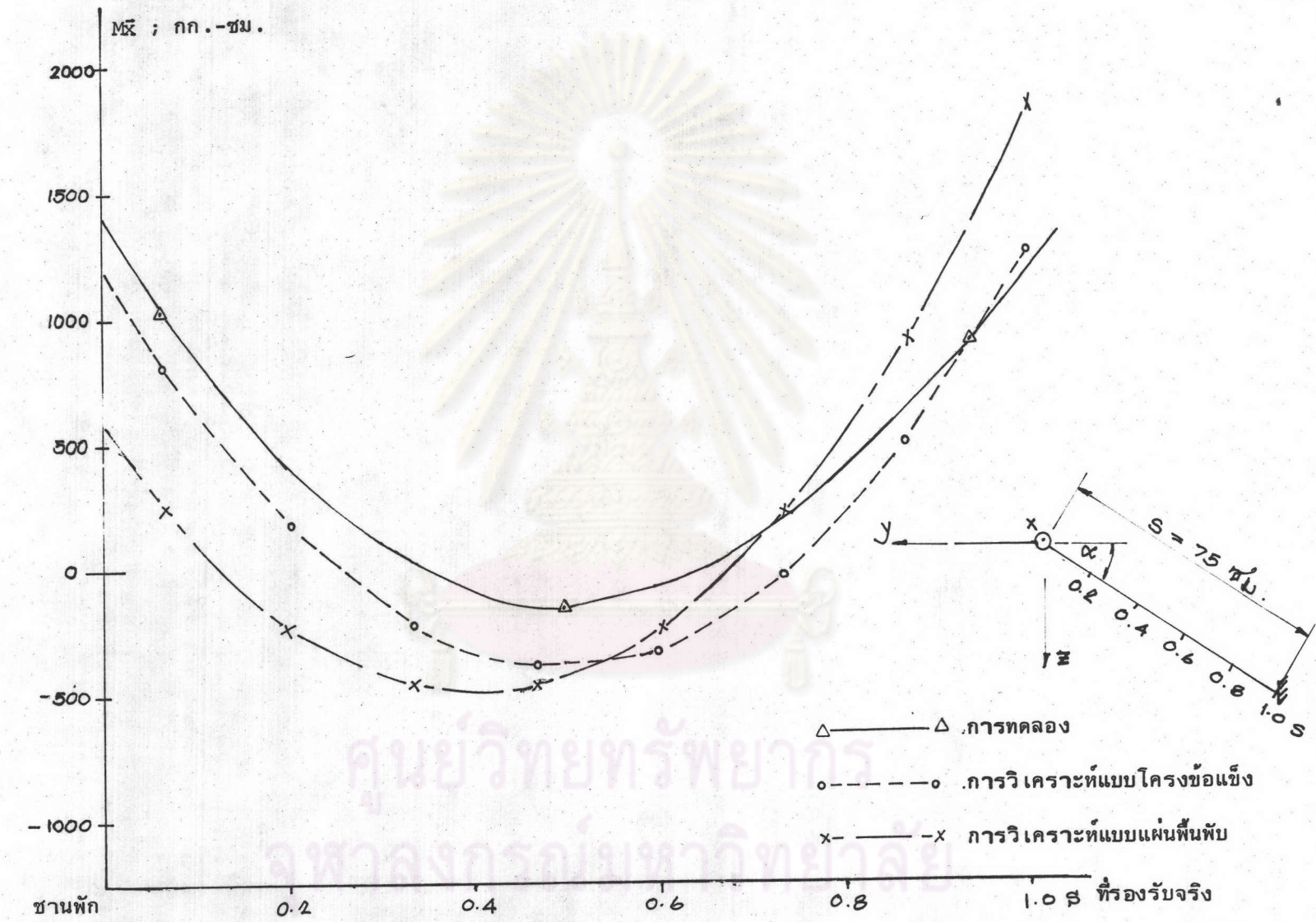
รูปที่ 6.15 การกระจายของโมเมนต์คัต M_x ในพื้นบันไดล่าง เมื่อแบบจำลองรับน้ำหนักบรรทุกทุกขงพื้นบันไดบนและล่าง เท่ากับ 1400 กก./ม.^2



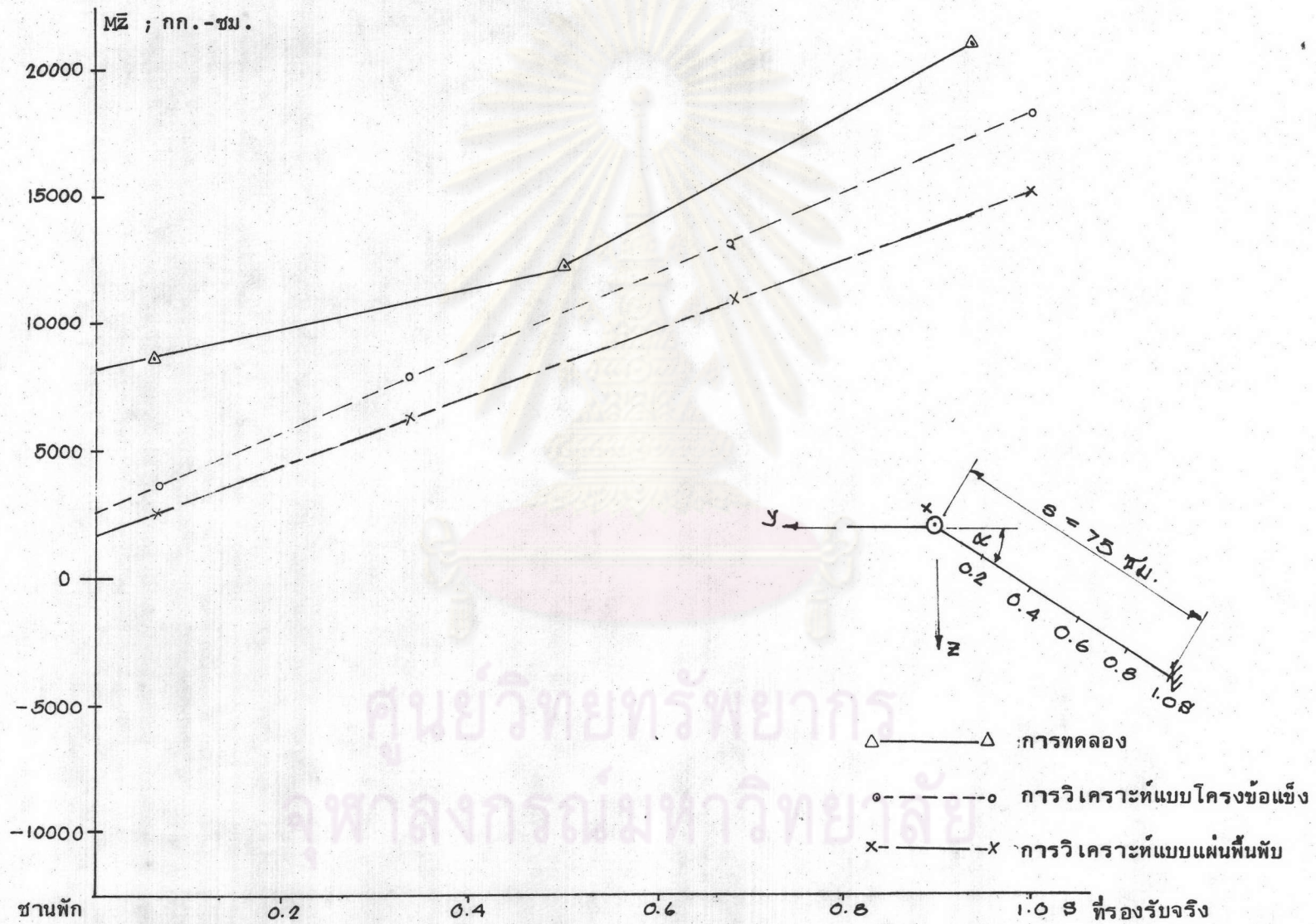
รูปที่ 6.16 การกระจายของโมเมนต์คดในทิศทางตั้งฉากระนาบของพื้นบันไดล่าง (MZ) เมื่อแบบจำลองรับน้ำหนักบรรทุกกบนพื้นบันไดบนและล่างเท่ากับ 1400 กก./ม²



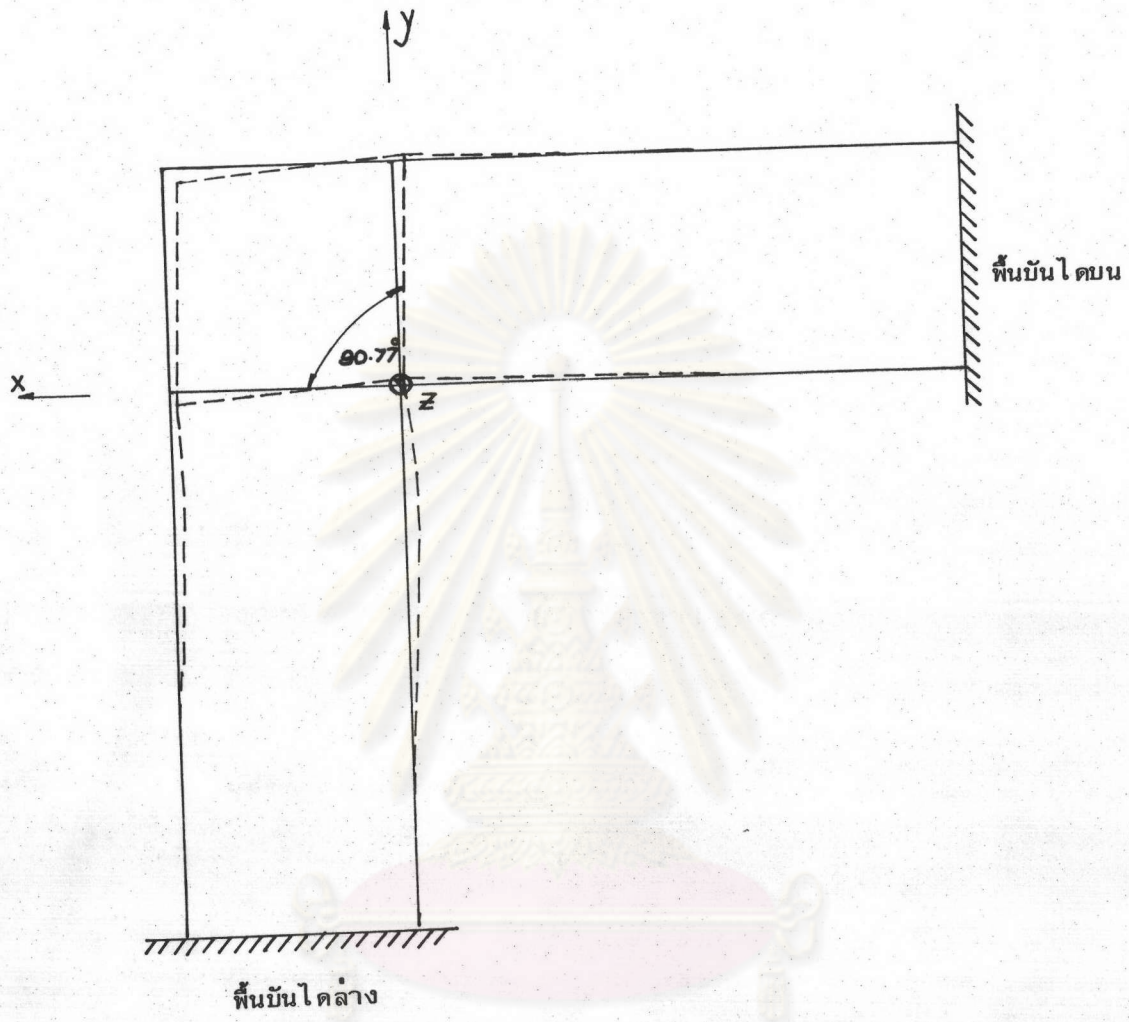
รูปที่ 6.17 การกระจายของแรงตามแนวแกน (σ_y) ในพื้นบันไดล่างเมื่อแบบจำลองรับน้ำหนักบรรทุกทุกเต็มพื้นที่ เท่ากับ 1400 กก./ม^2



รูปที่ 6.18 การกระจายของโมเมนต์คด M_x ในพื้นบันไดล่าง เมื่อแบบจำลองรับน้ำหนักบรรทุกทุกเต็มพื้นที่ เท่ากับ 1400 กก./ม^2



รูปที่ 6.19 การกระจายของโมเมนต์คดในทิศตั้งฉากระนาบของพื้นชั้นไคล่าง (Mz) เมื่อแบบจำลองรับน้ำหนักบรรทุกทุกเต็มพื้นที่เท่ากับ 1400 กก./ม.²

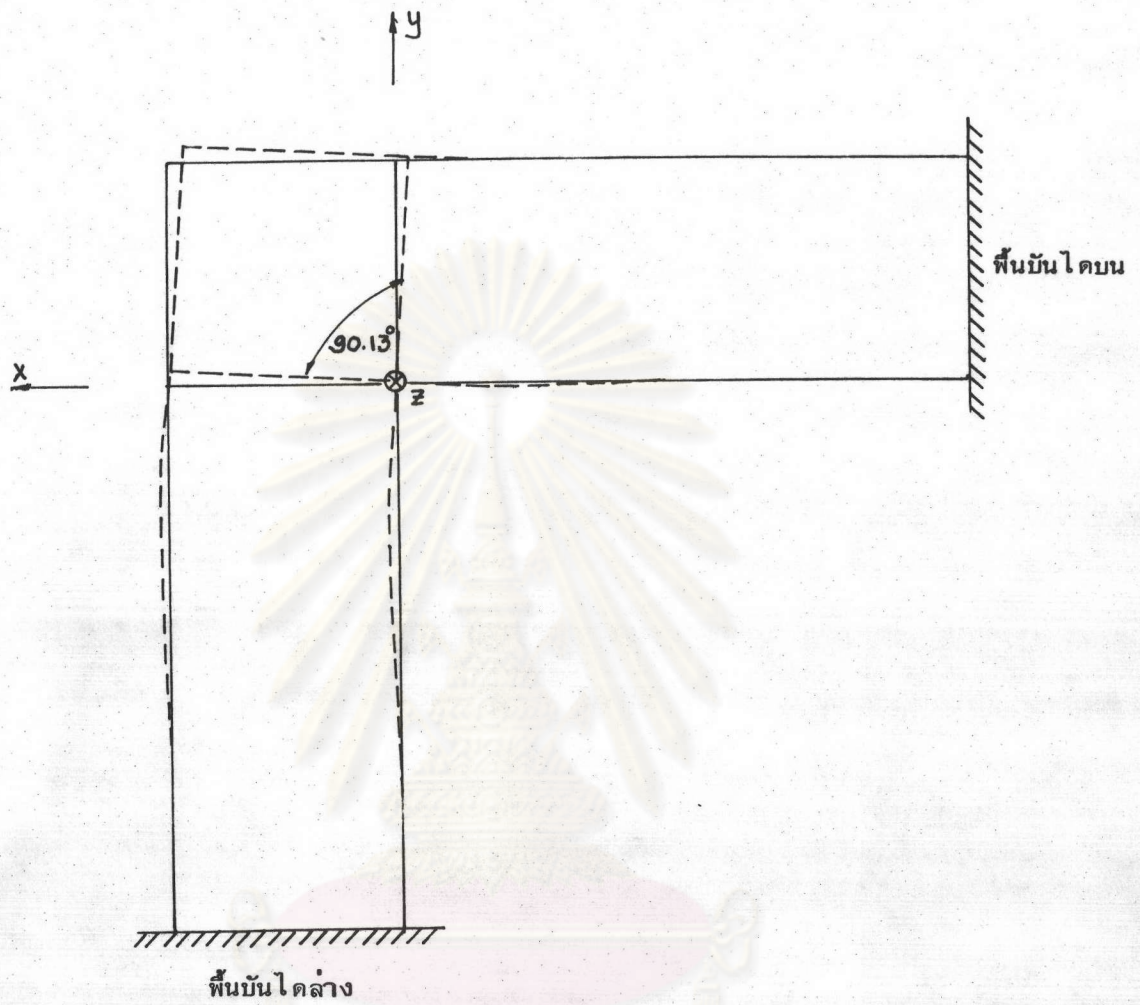


พื้นบันไดล่าง

พื้นบันไดบน

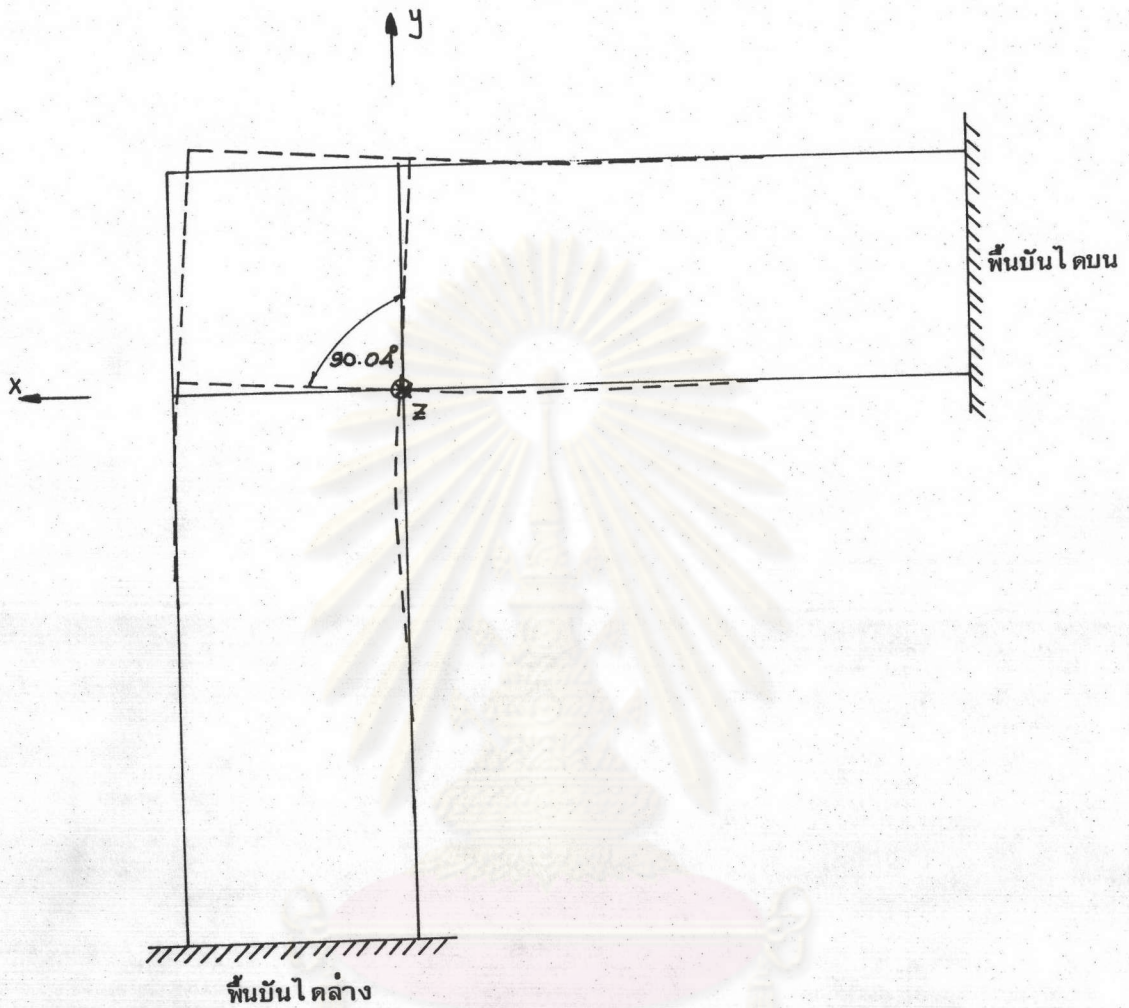
----- ตำแหน่งหลังการเคลื่อนที่
 _____ ตำแหน่งก่อนการเคลื่อนที่

รูปที่ 6.2c การเคลื่อนที่ในแนวราบของแบบจำลอง เมื่อรับน้ำหนักบรรทุกกบนพื้นบันไดบน เท่ากับ 1600 กก./ม^2



----- ตำแหน่งหลังการเคลื่อนที่
 _____ ตำแหน่งก่อนการเคลื่อนที่

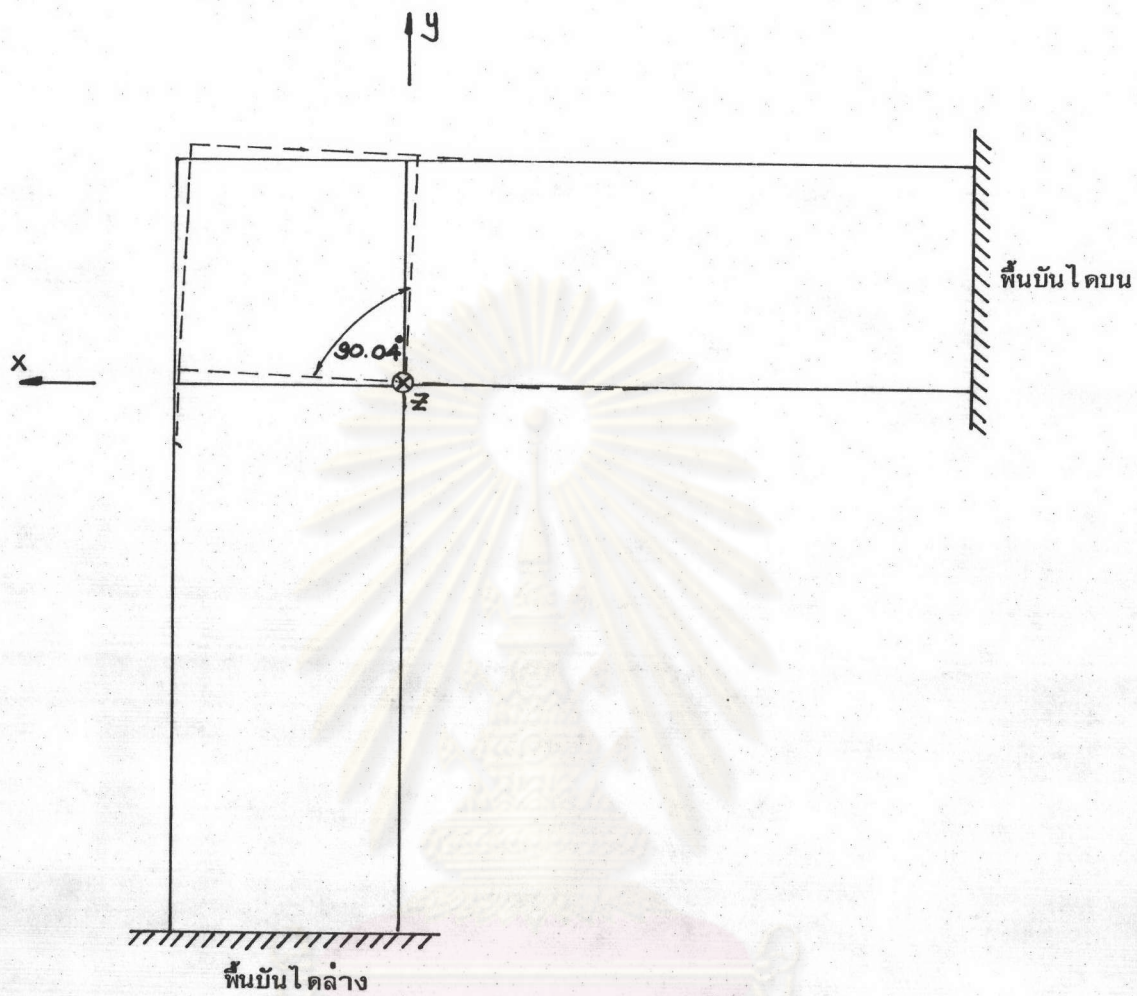
รูปที่ 6.21 การเคลื่อนที่ในแนวราบของแบบจำลอง เมื่อรับน้ำหนักบรรทุกทุกบนชานพัก
 เท่ากับ 1600 กก./ม^2



----- ตำแหน่งหลังการ เคลื่อนที่

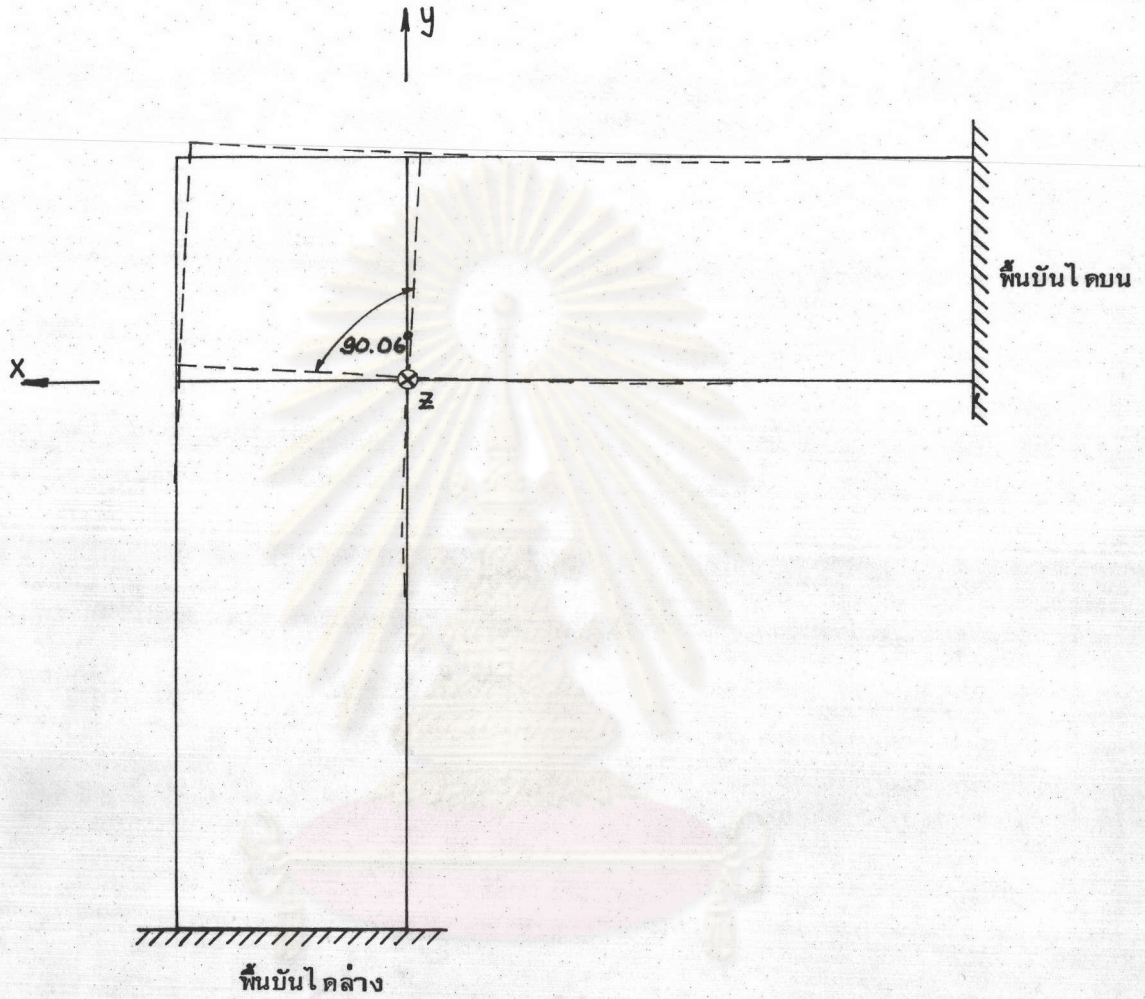
————— ตำแหน่งก่อนการ เคลื่อนที่

รูปที่ 6.22 การเคลื่อนที่ในแนวราบของแบบจำลอง เมื่อรับน้ำหนักบรรทุกบนพื้นบันไดล่าง เท่ากับ $1600 \text{ กก.}/\text{ม}^2$



----- ตำแหน่งหลังการ เคลื่อนที่
 _____ ตำแหน่งก่อนการ เคลื่อนที่

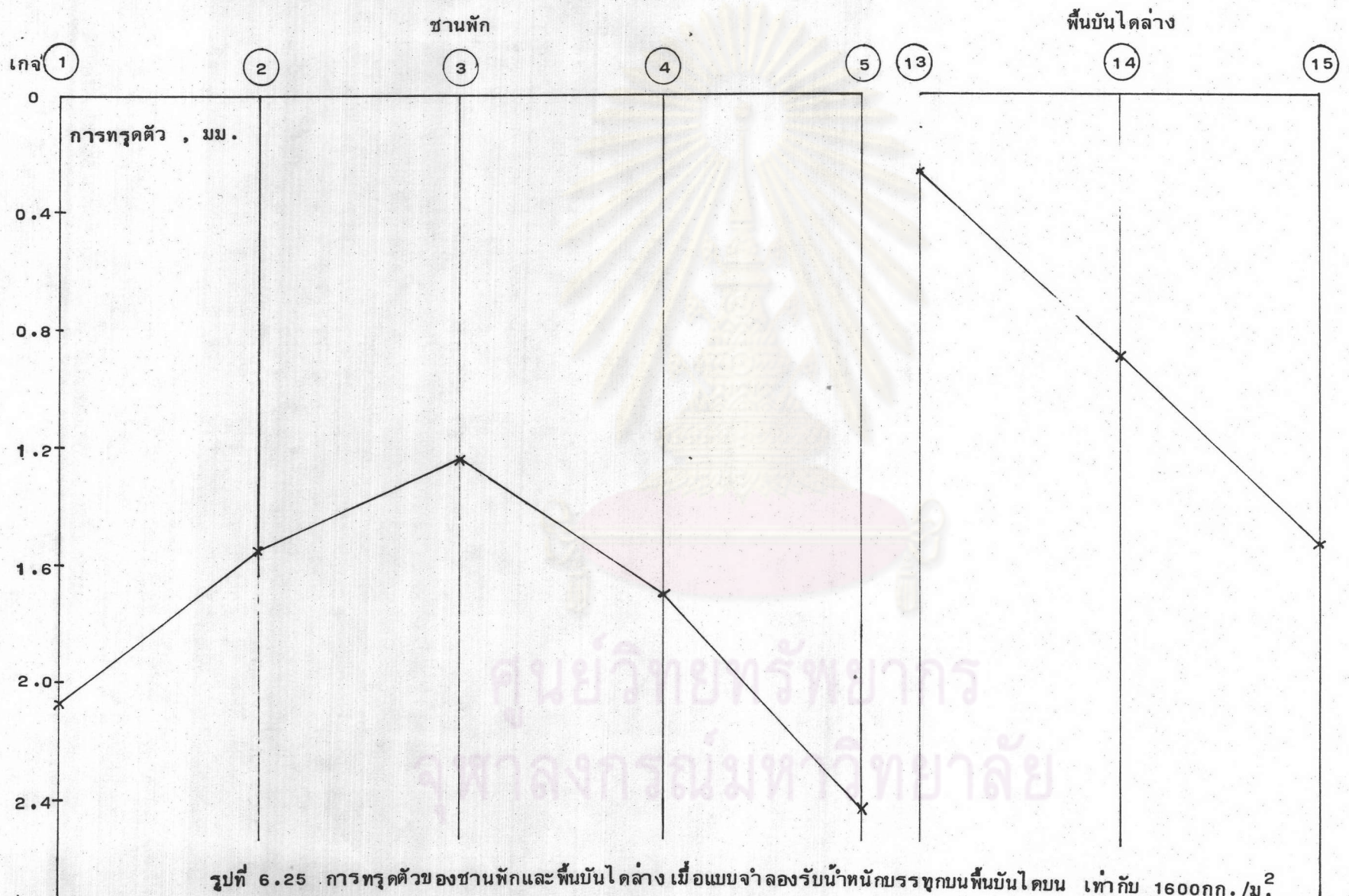
รูปที่ 6.23 การเคลื่อนที่ในแนวราบของแบบจำลอง เมื่อรับน้ำหนักบรรทุกทุกบน พื้นบันไดบนและล่าง เท่ากับ 1400 กก./ม^2



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

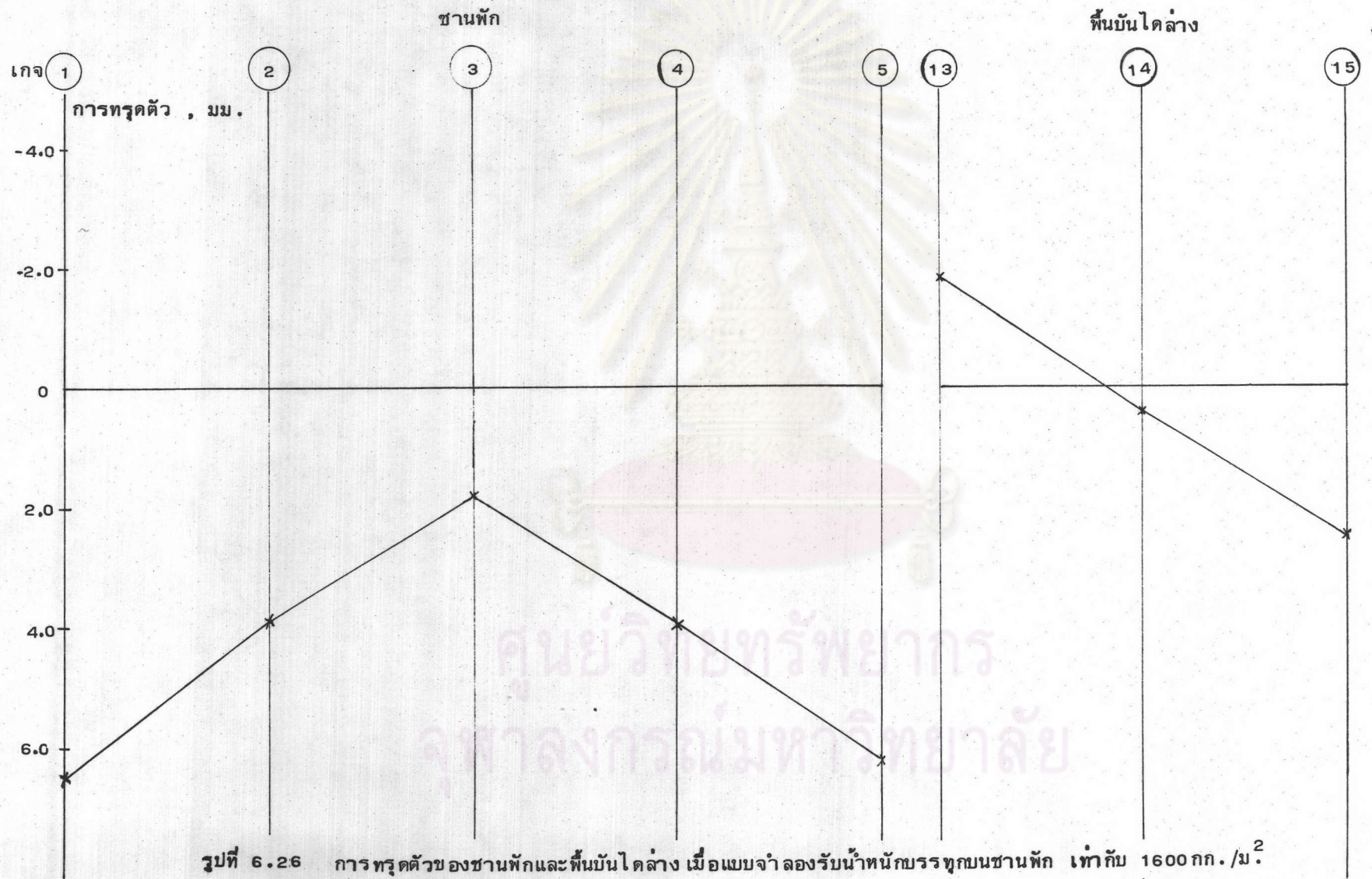
----- ตำแหน่งหลังการ เคลื่อนที่
 _____ ตำแหน่งก่อนการ เคลื่อนที่

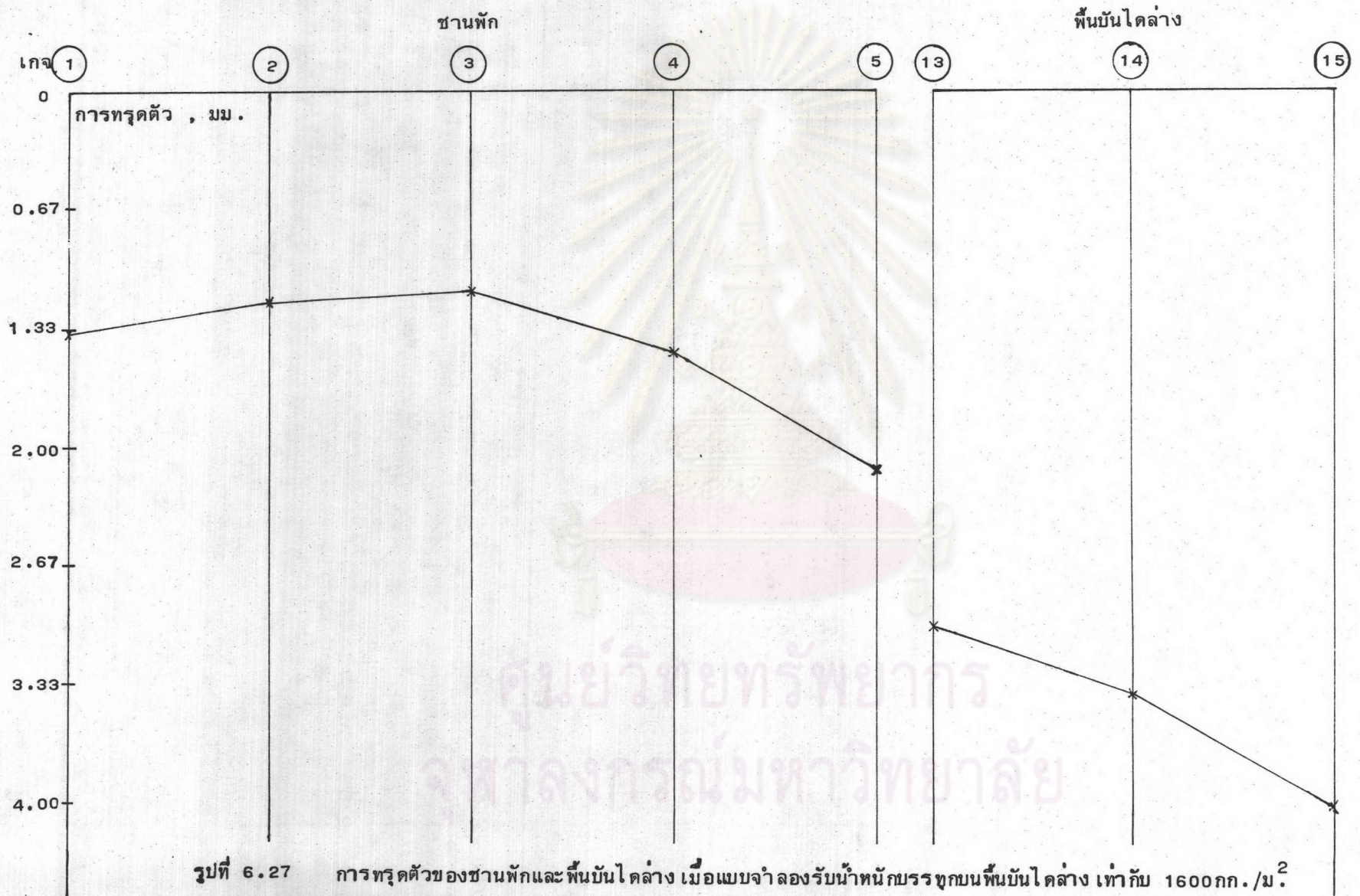
รูปที่ 6.24 การเคลื่อนที่ในแนวราบของแบบจำลอง เมื่อรับน้ำหนักบรรทุกเต็มพื้นที่ เท่ากับ 1400 กก. / ม^2



รูปที่ 6.25 การทรุดตัวของชานพักและพื้นบันไดล่าง เมื่อแบบจำลองรับน้ำหนักบรรทุกบนพื้นบันไดบน เท่ากับ 1600กก./ม²

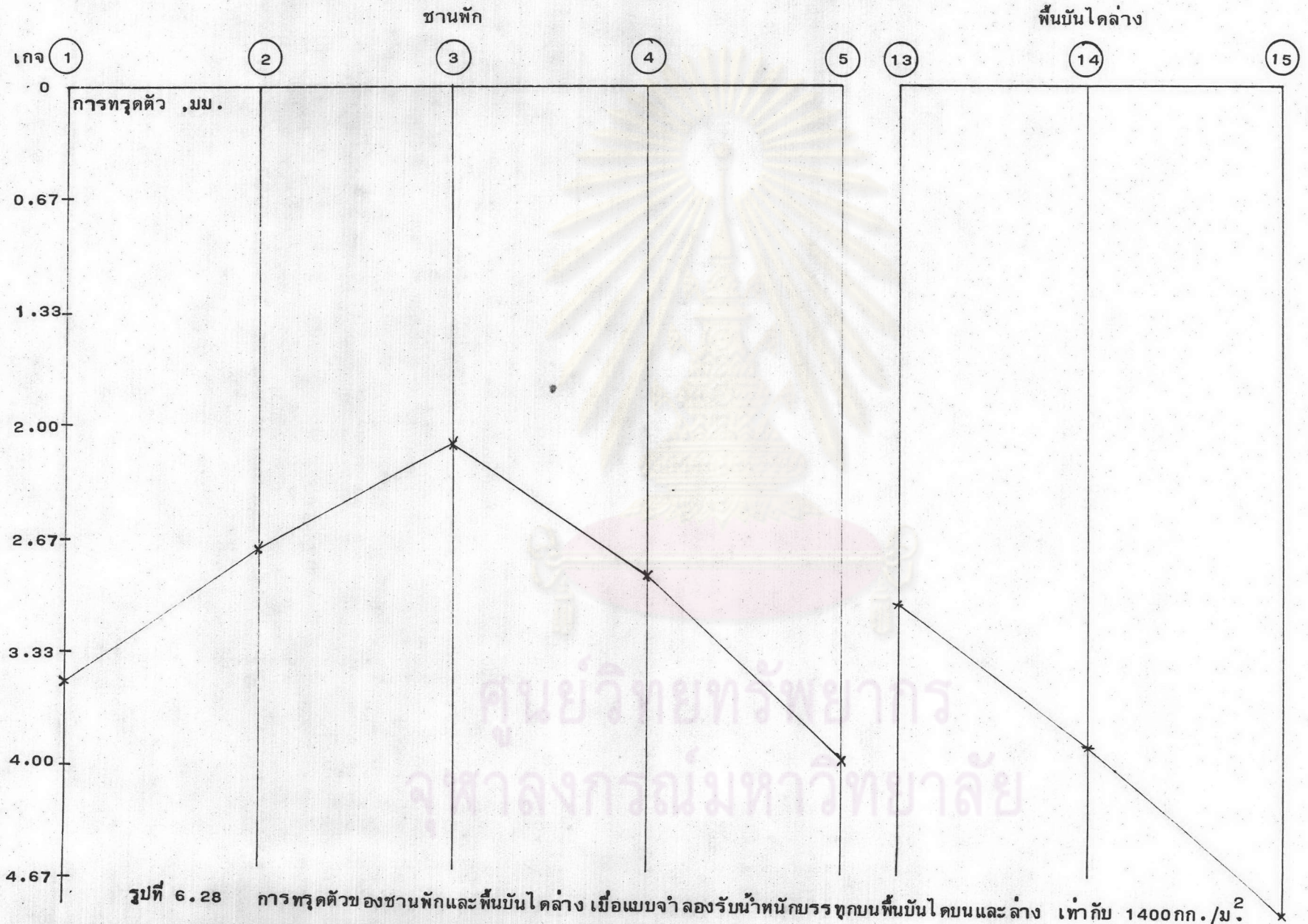
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



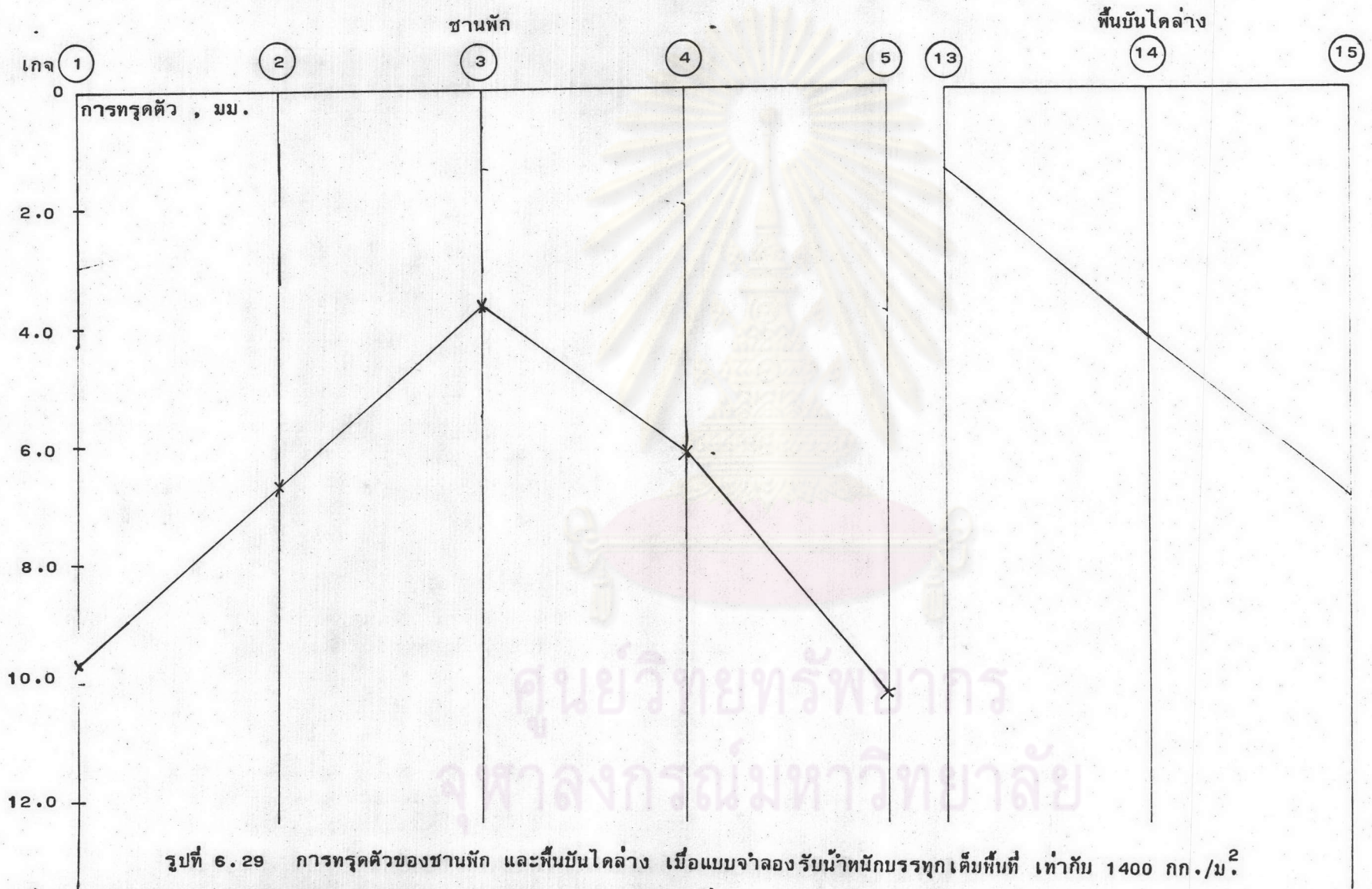


รูปที่ 6.27 การทรุดตัวของชานพักและพื้นบันไดล่าง เมื่อแบบจำลองรับน้ำหนักบรรทุกบนพื้นบันไดล่าง เท่ากับ 1600 กก./ม²

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 6.29 การทรุดตัวของชานพัก และพื้นบันไดล่าง เมื่อแบบจำลองรับน้ำหนักบรรทุกเต็มพื้นที่ เท่ากับ 1400 กก./ม²

ภาคผนวก ก.

ค่าแรงตามแนวแกนและโมเมนต์ในทิศตั้งฉากแนวแกนในพื้นที่ของแบบจำลอง

แรงภายในพื้นที่บันไดที่เป็นวัสดุอิลาสติคเชิงเส้นในรูปของแรงตามแนวแกนและโมเมนต์ตั้งฉากแนวแกนในพื้นที่ของแบบจำลอง ในกรณีที่ความเครียดตามแนวแกนของพื้นที่บันไดเกิดจากแรงตามแนวแกน และโมเมนต์ตั้งฉากพื้นที่บันได มีการกระจายเป็นเส้นตรง และไม่มีผลของ warping เนื่องจากโมเมนต์บิด สามารถหาค่าได้จากการวัดค่าความเครียดของจุดสี่จุดบนผิวบนและผิวล่างของพื้นที่บันได โดยที่จุดตั้งสี่ต้องห่างจากแนวกึ่งกลางของความกว้างของพื้นที่บันไดเท่ากัน และอยู่บนหน้าตัดเดียวกัน ตามที่แสดงในรูปที่ ก.1

ในกรณีของพื้นที่บันไดล่างเมื่อมีแรงตามแนวแกน ($S\bar{y}$) และโมเมนต์ในทิศตั้งฉากแนวแกนของพื้นที่บันได ($M\bar{x}$ และ $M\bar{z}$) ในทิศบวกในหน้าตัดใด ๆ จะเกิดหน่วยแรง เนื่องจากแรงภายในแต่ละตัวดังแสดงในรูปที่ ก.1 และสามารถหาค่าหน่วยแรงที่เกิดที่จุดที่รู้ค่าความเครียดได้ ดังนี้คือ

$$f_1 = \frac{S\bar{y}}{A} + \frac{6M\bar{x}}{bt^2} - \frac{M\bar{z}C}{I\bar{z}} \quad (\text{ก.1})$$

$$f_2 = \frac{S\bar{y}}{A} - \frac{6M\bar{x}}{bt^2} - \frac{M\bar{z}C}{I\bar{z}} \quad (\text{ก.2})$$

$$f_3 = \frac{S\bar{y}}{A} + \frac{6M\bar{x}}{bt^2} + \frac{M\bar{z}C}{I\bar{z}} \quad (\text{ก.3})$$

$$f_4 = \frac{S\bar{y}}{A} - \frac{6M\bar{x}}{bt^2} + \frac{M\bar{z}C}{I\bar{z}} \quad (\text{ก.4})$$

แรงภายในและโมเมนต์ภายในสามารถหาได้จากการรวมหน่วยแรงดังต่อไปนี้ คือ

$$f_1 + f_2 + f_3 + f_4 = \frac{4S\bar{y}}{A}$$

$$\therefore S\bar{y} = \frac{A}{4}(f_1 + f_2 + f_3 + f_4) \quad (\text{ก.5})$$

และ



$$(f_1+f_3) - (f_2+f_4) = 4 \left(\frac{6M\bar{x}}{bt^2} \right)$$

$$M\bar{x} = \frac{bt^2}{4} [(f_1+f_3) - (f_2+f_4)] \quad (\text{ก.6})$$

$$(f_3+f_4) - (f_1+f_2) = 4 \frac{M\bar{z}C}{I\bar{z}}$$

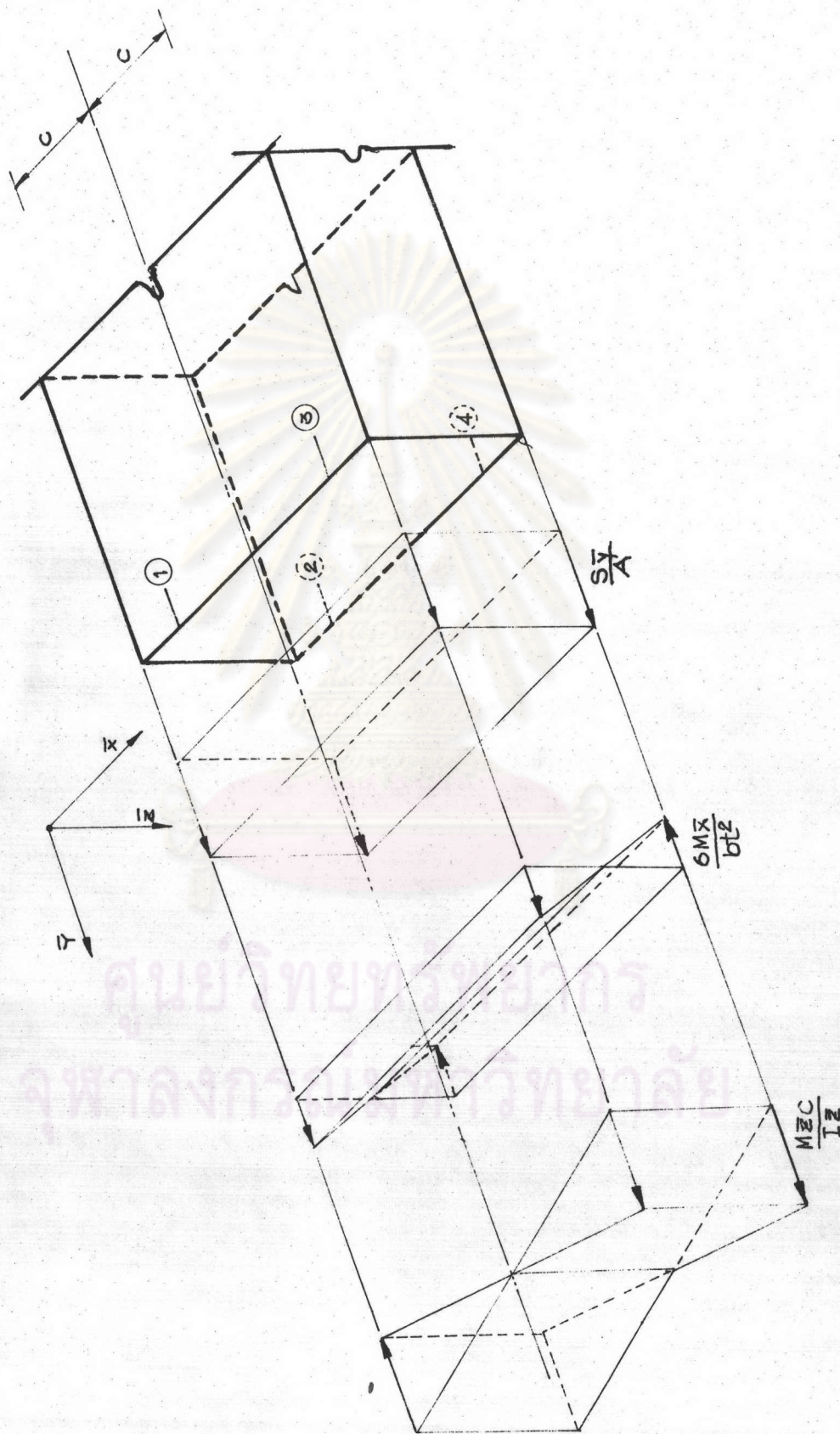
$$M\bar{z} = \frac{I\bar{z}}{4C} [(f_3+f_4) - (f_1+f_2)] \quad (\text{ก.7})$$

และค่าน้อยแรงในสมการ (ก.5) ถึง (ก.7) สามารถหาได้จากค่าความเครียดที่วัดได้ ดังนี้
คือ

$$f_i = \epsilon_i E \quad (\text{ก.8})$$

เมื่อ

- f_i = หน่วยแรงยึดหดตัวตามแกนของจุด i
- C = ระยะจากแนวกึ่งกลางความกว้างของพื้นบันไดถึงจุดที่รู้ค่าความเครียด
- ϵ = ความเครียดที่จุด i ของผิวพื้นบันได



รูปที่ ก.1 แสดงหน่วยแรงภายในจากแรงแนวแกนและโมเมนต์ศรอมแกมตั้งฉากแกมของพื้นบันไดล่าง

ภาคผนวก ข.

ขนาดการเคลื่อนที่ของโครงสร้างหลักที่มีผลต่อโครงสร้างรอง

การเคลื่อนที่ของรอยตัดระหว่างพื้นบันไดและชานพักในโครงสร้างหลักมีผลต่อโครงสร้างรองในรูปของการทรุดตัวของที่รองรับจินตภาพ ในภาคผนวกนี้จะกล่าวถึงทิศ การเคลื่อนที่ของรอยตัดระหว่างพื้นบันไดและชานพักของโครงสร้างหลักที่มีผลต่อค่าแรงภายในของโครงสร้างรอง และขนาดการเคลื่อนที่ในทิศทางนั้นที่ทำให้แรงภายในโครงสร้างรอง เปลี่ยนแปลงมากจนต้องวิเคราะห์หา แรงภายในเนื่องจากการทรุดตัวของที่รองรับจินตภาพในโครงสร้างรอง

ข.1 การเคลื่อนที่ของโครงสร้างหลักที่มีผลต่อโครงสร้างรอง

เนื่องจากโครงสร้างรองมีลักษณะ เป็นแผ่นพื้นทาง เดียวที่วางพาดบนที่รองรับจินตภาพ ตามที่แสดงในรูปที่ 4.2 ซึ่งรับน้ำหนักบรรทุกทุกภายนอกในรูปของกำลังต้านทานโมเมนต์คัตของแผ่นพื้น ดังนั้นการเคลื่อนที่ของรอยตัดระหว่างพื้นบันไดและชานพัก ที่มีผลต่อค่าโมเมนต์คัตของแผ่นพื้น คือการเคลื่อนที่ในทิศตั้งฉากระนาบของพื้นบันไดดังแสดงในรูป ข.1 ซึ่งสามารถหาค่าได้จากการเคลื่อนที่ของรอยตัดระหว่างพื้นบันไดและชานพักในระบบแกนหลัก ดังนี้คือ

ก) สำหรับพื้นบันไดบน

$$\Delta_{P_u} = -\delta'_{x_{P_u}} \sin \alpha + \delta'_{z_{P_u}} \cos \alpha \quad (\text{ข. 1})$$

ข) สำหรับพื้นบันไดล่าง

$$\Delta_P = \delta'_{y_P} \sin \alpha + \delta'_{z_P} \cos \alpha \quad (\text{ข. 2})$$

เมื่อ

Δ_{P_u} = การเคลื่อนที่ในทิศตั้งฉากระนาบของพื้นบันไดบนของจุด P_u บนรอยตัดระหว่างพื้นบันไดบนและชานพัก

Δ_P = การเคลื่อนที่ในทิศตั้งฉากระนาบของพื้นบันไดล่างของจุด P บนรอยตัดระหว่างพื้นบันไดล่างและชานพัก

P_u, P = จุดที่ใช้พิจารณาผลของการเคลื่อนที่ของโครงสร้างหลักต่อโครงสร้างรอง ซึ่งการเคลื่อนที่จะมีค่าน้อยที่สุดต่อกันระหว่างพื้นบันไดบนและพื้นบันไดล่าง

และมีความมากขึ้นเมื่ออยู่ห่างจากจุดต่อมากขึ้น ซึ่งในภาคผนวกนี้ เลือกจุดกึ่งกลางของรอยตัด เป็นจุดที่ใช้พิจารณาผลการเคลื่อนที่ของโครงสร้างหลักต่อโครงสร้างรอง

ข.2 ขนาดการเคลื่อนที่ของโครงสร้างหลักที่มีผลต่อโครงสร้างรอง

เมื่อรอยตัดระหว่างพื้นบันไดและชานพักในโครงสร้างหลัก เกิดการเคลื่อนที่จะทำให้โมเมนต์คดในแผ่นพื้น (M_y หรือ M_x) ของโครงสร้างรองเปลี่ยนแปลงในกรณีที่มีการเคลื่อนที่ที่เกิดขึ้นมีค่าน้อย โมเมนต์คดที่เปลี่ยนแปลงไปจะมีค่าน้อยเมื่อเทียบกับค่าโมเมนต์คดที่ได้จากการวิเคราะห์โครงสร้างรองเมื่อรับน้ำหนักบรรทุกทุกภายนอก ไม่จำเป็นต้องวิเคราะห์โครงสร้างรองอีกครั้งหนึ่ง ในทางกลับกันถ้าการเคลื่อนที่ของรอยตัดระหว่างพื้นบันไดและชานพักในโครงสร้างหลักมีค่ามาก โมเมนต์คดในโครงสร้างรองจะเปลี่ยนแปลงมากเมื่อเทียบกับโมเมนต์คด ซึ่งได้จากการวิเคราะห์โครงสร้างรองเมื่อรับน้ำหนักบรรทุก ภายนอก ในกรณีเช่นนี้การวิเคราะห์โครงสร้างรองอีกครั้งหนึ่ง เป็นสิ่งจำเป็น ดังนั้นสิ่งที่กำหนดว่าจำเป็นต้องวิเคราะห์ผลการเคลื่อนที่ของรอยตัดระหว่างพื้นบันไดและชานพัก ของโครงสร้างหลักต่อโครงสร้างรองหรือไม่ คือ อัตราส่วนของโมเมนต์คดที่เปลี่ยนแปลงต่อโมเมนต์คดที่เกิดขึ้นจากน้ำหนักบรรทุกทุกภายนอก ซึ่งแบ่งเป็นสองกรณี ดังนี้คือ

- ก) เมื่อน้ำหนักบรรทุกกระทำที่พื้นบันได
- ข) เมื่อน้ำหนักบรรทุกกระทำที่ชานพัก

ในกรณีที่น้ำหนักบรรทุกกระทำบนพื้นบันได w_f ค่าโมเมนต์คดสูงสุดในพื้นบันไดเกิดที่ตรงที่รองรับจริง จากการวิเคราะห์ โดยวิธีกระจายโมเมนต์ (moment distribution) ดังที่แสดงในรูปที่ ข. 2 มีค่าดังนี้คือ

$$M_u = w_f S^2 \frac{(\cos \alpha)^2}{8} \quad (\text{ข. 3})$$

$$M = w_f S^2 \frac{(\cos \alpha)^2}{8} \quad (\text{ข. 4})$$

เมื่อ

$$M_u = \text{ขนาดของโมเมนต์ที่ปลายของพื้นบันไดบน ในทิศแกนรอง } \bar{y}_u$$

$$M = \text{ขนาดของโมเมนต์ที่ปลายของพื้นบันไดล่าง ในทิศแกนรอง } \bar{x}$$

โมเมนต์ดัดที่เพิ่มขึ้นในพื้นที่บันไดบน และพื้นที่บันไดล่าง เมื่อยรอยตัดระหว่างพื้นที่บันไดนั้นกับ
 ฐานหักในโครงสร้างหลักเกิดการเคลื่อนที่ในแนวตั้งฉากระนาบของพื้นที่บันไดบนและพื้นที่บันไดล่าง
 จากการวิเคราะห์โดยวิธีกระจายโมเมนต์ ดังแสดงในรูปที่ ข.3 มีค่าดังนี้คือ

$$M_{u, set.} = \frac{3EI\bar{y}_u \Delta_{Pu}}{S^2} \quad (\text{ข. 5})$$

$$M_{set.} = \frac{3EI\bar{x} \Delta_P}{S^2} \quad (\text{ข. 6})$$

เมื่อ

$M_{u, set.}$ = ขนาดของโมเมนต์ดัดที่ปลายของพื้นที่บันไดบนในทิศแกนรอง \bar{y}_u เมื่อจุด P_u
 บนรอยตัดระหว่างพื้นที่บันไดบนและฐานหักของโครงสร้างหลักเกิดการเคลื่อน
 ที่ในแนวตั้งฉากระนาบพื้นที่บันไดบนเท่ากับ Δ_{Pu}

$M_{set.}$ = ขนาดของโมเมนต์ดัดที่ปลายของพื้นที่บันไดล่างในทิศแกนรอง \bar{x} เมื่อจุด P
 บนรอยตัดระหว่างพื้นที่บันไดล่างและฐานหักของโครงสร้างหลักเกิดการเคลื่อนที่
 ในแนวตั้งฉากระนาบพื้นที่บันไดล่างเท่ากับ Δ_P

$I\bar{y}_u$ = โมเมนต์ความเฉื่อยของหน้าตัดพื้นที่บันไดบนรอบแกน \bar{y}_u

$I\bar{x}$ = โมเมนต์ความเฉื่อยของหน้าตัดพื้นที่บันไดล่างรอบแกน \bar{x}

ในกรณีที่กำหนดให้ค่าโมเมนต์ดัดที่เปลี่ยนแปลงไม่เกิน $\frac{1}{10}$ ของโมเมนต์ดัดเนื่องจากน้ำ-
 หนักบรรทุกภายนอกเป็นค่าโมเมนต์ดัดที่ไม่ต้องทำการวิเคราะห์ผลการเคลื่อนที่ของรอยตัดระหว่าง
 พื้นที่บันไดและฐานหักโครงสร้างหลักต่อโครงสร้างรอง จะได้ความสัมพันธ์ดังนี้

พื้นที่บันไดบน

$$\begin{aligned} \frac{3EI\bar{y}_u}{S^2} \Delta_{Pu} &= \frac{1}{10} \left[w_f S^2 \left(\frac{\cos \alpha}{8} \right)^2 \right] \\ \therefore \Delta_{Pu} &= \frac{w_f S^4 (\cos \alpha)^2}{240EI\bar{y}_u} \quad (\text{ข. 7}) \end{aligned}$$

พื้นบันไดล่าง

$$\frac{3EI\bar{x}}{S^2} \Delta_P = \frac{1}{10} \left[w_f S^2 \left(\frac{\cos \alpha}{8} \right)^2 \right]$$

$$\Delta_P = \frac{w_f S^4 (\cos \alpha)^2}{240EI\bar{y}_u} \quad (\text{ข. 8})$$

เมื่อเปรียบเทียบค่า Δ_{Pu} และ Δ_P จากสมการที่ (ข.1) และ (ข.2) กับสมการที่ (ข.7) และ (ข.8) ถ้าค่าที่ได้จากสองสมการแรกน้อยกว่าสองสมการหลัง แสดงว่าโมเมนต์คัตที่เปลี่ยนแปลงมีค่าน้อยกว่า $\frac{1}{10}$ ของโมเมนต์คัตจากน้ำหนักบรรทุกภายนอกไม่จำเป็นต้องคำนวณหาค่าโมเมนต์ที่เปลี่ยนไป ในทางกลับกัน ถ้าค่าที่ได้จากสองสมการแรกมากกว่าสองสมการหลัง แสดงว่าโมเมนต์คัตที่เปลี่ยนแปลงมีค่ามากกว่า $\frac{1}{10}$ ของค่าโมเมนต์คัตจากน้ำหนักบรรทุกภายนอกจำเป็นต้องวิเคราะห์ผลการเคลื่อนที่ของรอยคัตระหว่างพื้นบันไดกับชานพัก ของโครงสร้างหลัก เพื่อหาค่าโมเมนต์คัตของโครงสร้างรองที่ถูกต้อง ในกรณีที่ผู้ออกแบบกำหนดอัตราส่วนของโมเมนต์คัต เป็นค่าอื่นไม่ใช่ $\frac{1}{10}$ การคำนวณยังคงเป็นไปในลักษณะเดียวกัน เพียงแต่เปลี่ยนอัตราส่วนใน สมการ (ข.7) และ (ข.8) เท่านั้น

ในกรณีที่น้ำหนักบรรทุกกระทำบนพื้นบันได ค่าโมเมนต์คัตสูงสุดในพื้นบันได ตรงที่รองรับจริงจากการวิเคราะห์โดยวิธีกระจายโมเมนต์ ดังแสดงในรูปที่ ข.4 มีค่าดังนี้คือ

$$M_u = w_\ell \frac{b^2}{4} \quad (\text{ข. 9})$$

$$M = w_\ell \frac{b^2}{4} \quad (\text{ข. 10})$$

โดยที่

w_ℓ = น้ำหนักบรรทุก ที่กระทำบนชานพักบันไดของโครงสร้างรองแต่ละส่วน
 ดังแสดงในรูปที่ 4.2

ในกรณีที่ใช้ เกณฑ์อัตราส่วนของ โมเมนต์คัตที่เปลี่ยนแปลงต่อโมเมนต์คัต เนื่องจากน้ำหนักบรรทุกภายนอกเป็น $\frac{1}{10}$ จะได้ขนาดเคลื่อนที่สูงสุดที่ไม่ต้องคำนวณผลของโครงสร้างหลักต่อโครงสร้างรองดังนี้คือ

พื่นชั้นโคน

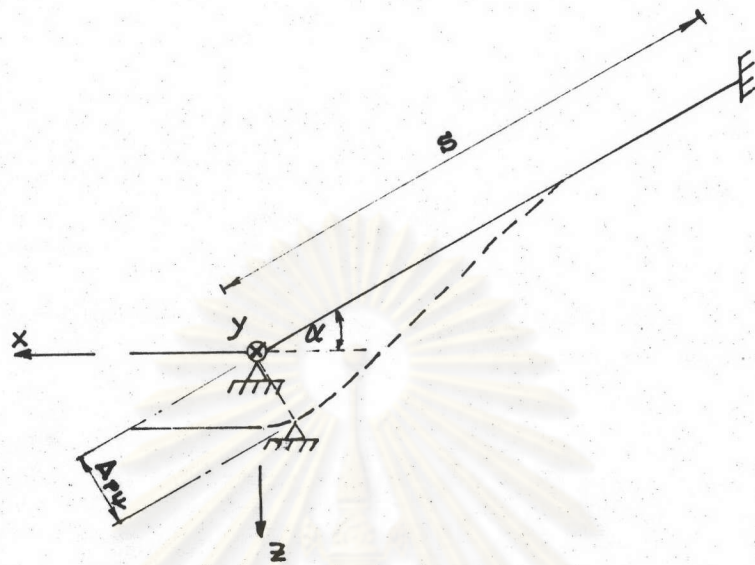
$$\Delta_{Pu} = \frac{S^2 w_l b^2}{120EI\bar{y}_u} \quad (\text{ข. 11})$$

พื่นชั้นโคล่ง

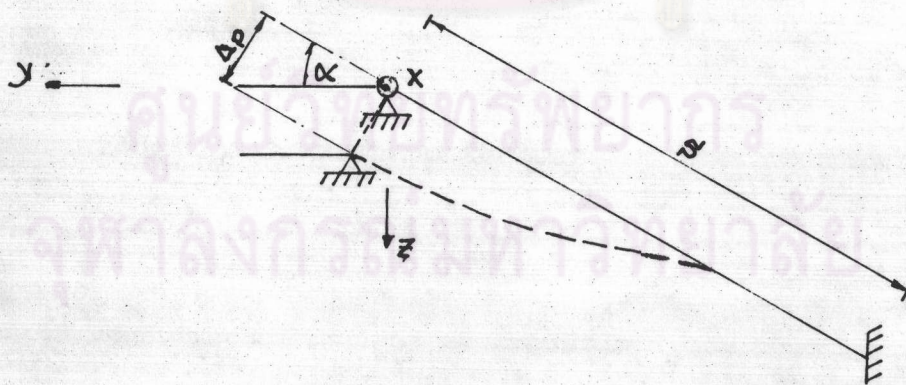
$$\Delta_P = \frac{S^2 w_l b^2}{120 EI\bar{x}} \quad (\text{ข. 12})$$



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

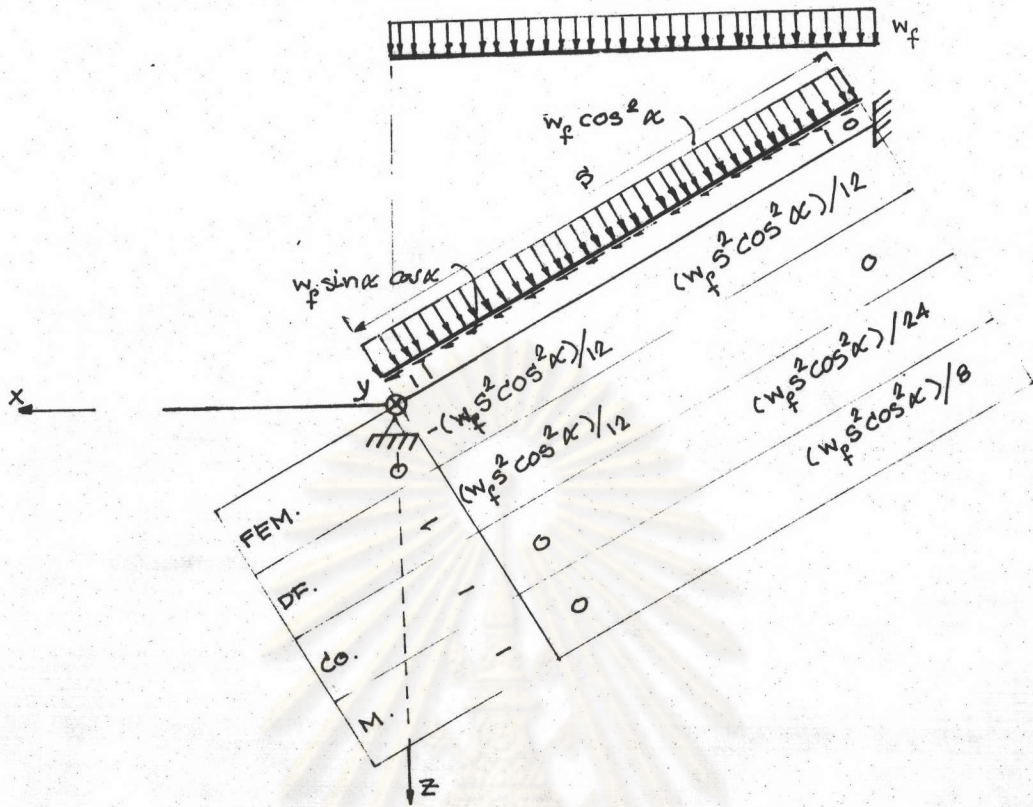


(ก) การเคลื่อนที่ของโครงสร้างหลักที่มีผลต่อพื้นบันไดบน

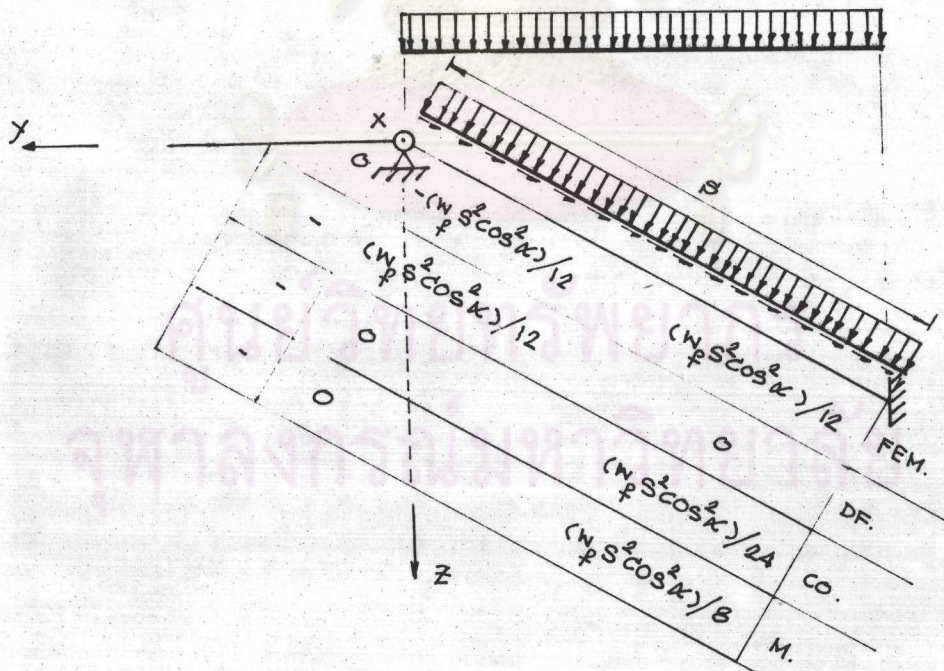


(ข) การเคลื่อนที่ของโครงสร้างหลักที่มีผลต่อพื้นบันไดล่าง

รูปที่ ข.1 การเคลื่อนที่ของโครงสร้างหลักที่มีผลต่อค่าโมเมนต์คัตในแผ่นพื้นของโครงสร้างรอง

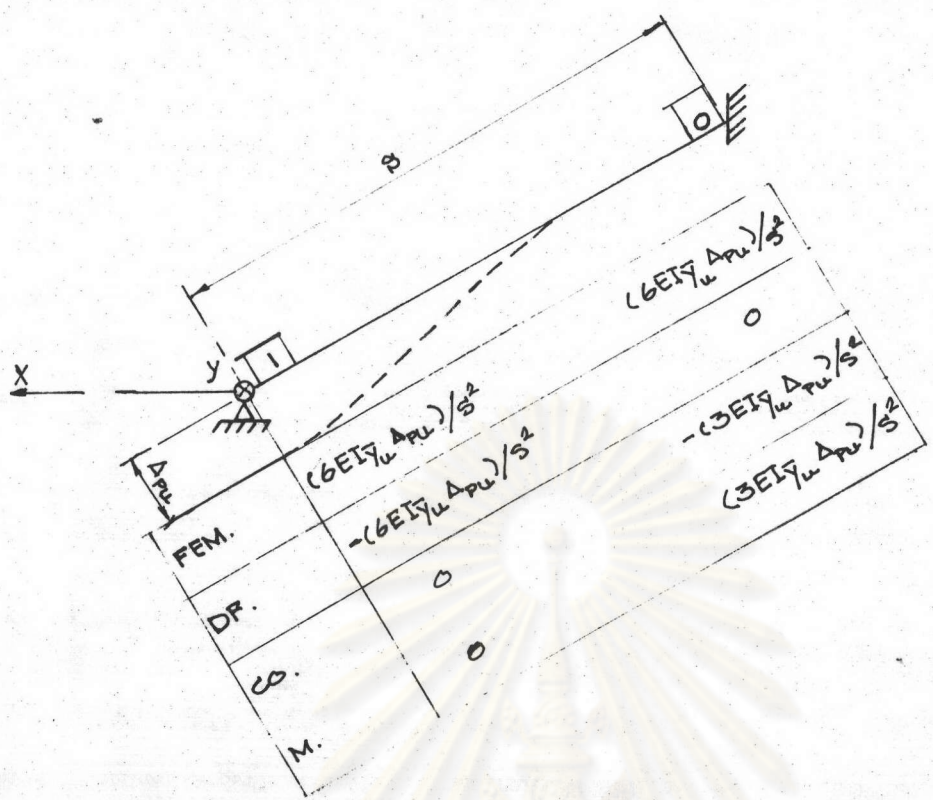


(ก) โมเมนต์ดัดในพื้นบันไดบน เนื่องจากน้ำหนักบรรทุกกระจายสม่ำเสมอ บนพื้นบันไดบน

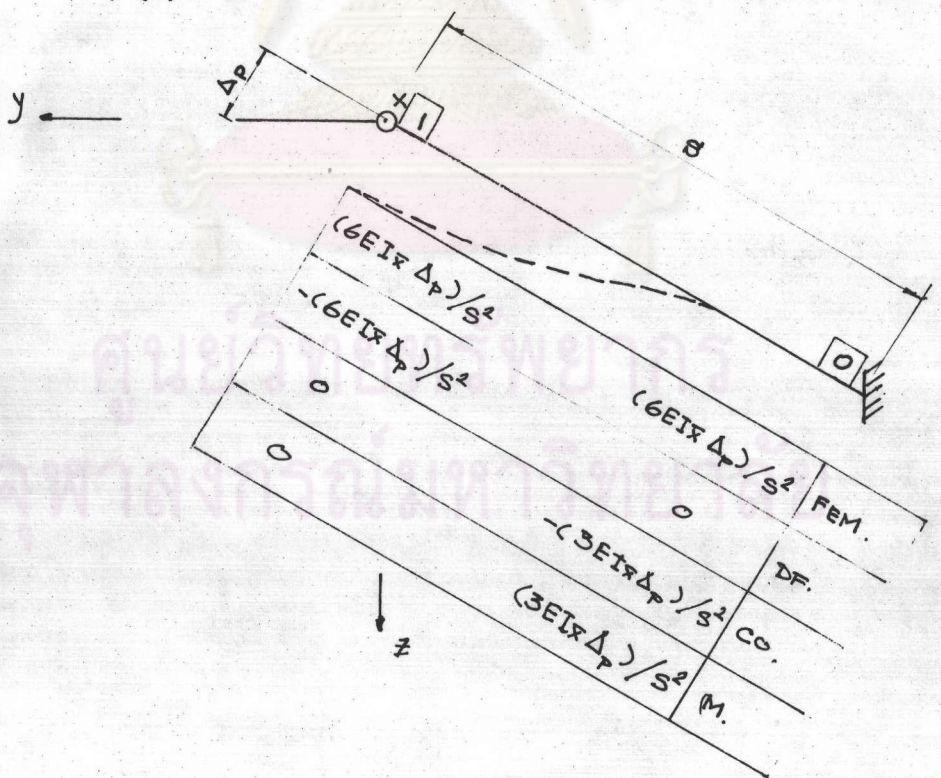


(ข) โมเมนต์ดัดในพื้นบันไดล่าง เนื่องจากน้ำหนักบรรทุกกระจายสม่ำเสมอ บนพื้นบันไดล่าง

รูปที่ ข.2 โมเมนต์ดัดในพื้นบันไดเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกกระจายสม่ำเสมอ บนพื้นบันได โดยวิธีกระจายโมเมนต์

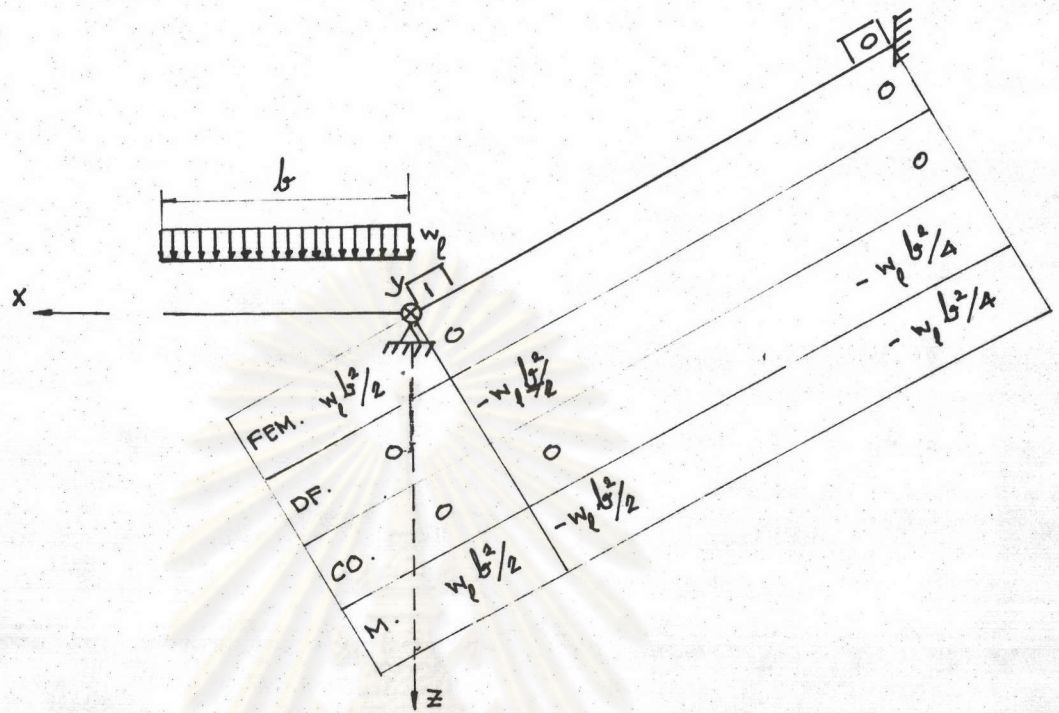


(ก) ผลของการเคลื่อนที่ของรอยตัดระหว่างพื้นบันไดบนกับขานหัก

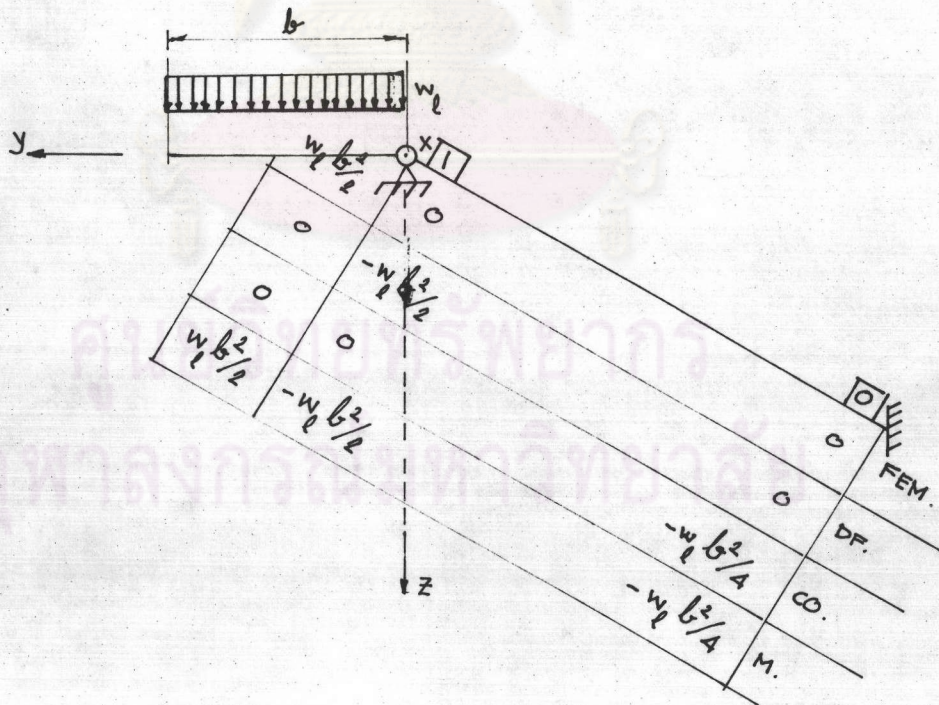


(ข) ผลของการเคลื่อนที่ของรอยตัดระหว่างพื้นบันไดล่างกับขานหัก

รูปที่ ข. 3 ผลของการเคลื่อนที่ของรอยตัดระหว่างพื้นบันไดและขานหักต่อค่าโมเมนต์ค้ำในพื้นโค โดยวิธีกระจายโมเมนต์



(ก) โมเมนต์คัตในพื้นบันไดบนเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกกระจายสม่ำเสมอบนชันพัก



(ข) โมเมนต์คัตในพื้นบันไดล่างเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกกระจายสม่ำเสมอบนชันพัก

รูปที่ ข.4 โมเมนต์คัตในพื้นบันไดเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกกระจายสม่ำเสมอบนชันบันได โดยวิธีกระจายโมเมนต์

ประวัติการศึกษา

นายทนาย เจกไพชยนต์ สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมโยธา
จากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2522



ศูนย์วิทยุทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย