

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์โครงสร้าง

4.1 ทั่วไป

ผลการวิเคราะห์โครงสร้างข้อแข็งทั้ง 4 โครง ภายใต้น้ำหนักบรรทุก แรงลม แรงแผ่นดินไหว ตามข้อกำหนด ยู.บี.ซี. รวมทั้งการวิเคราะห์พลศาสตร์ของโครงสร้างภายใต้แผ่นดินไหวจำลอง ได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.1 ถึง 4.28 และตารางที่ 4.1 ถึง 4.4 ตารางที่ 4.1 แสดงค่าคาบธรรมชาติของอาคารของโครงสร้างข้อแข็งทั้ง 4 ที่คำนวณได้จากโปรแกรม FEAP และจากสูตรของข้อกำหนด ยู.บี.ซี. ตารางที่ 4.2, 4.3 และ 4.4 เป็นตารางเปรียบเทียบค่าแรงเฉือนรวมในแนวราบที่ฐาน ค่าโมเมนต์สูงสุดในคานและเสาชั้นล่าง และการเคลื่อนที่ที่จุดสูงสุดของโครงสร้างข้อแข็ง 4. 10 และ 20 ชั้น กรณี 1 และ 2 ตามลำดับ โดยคิดผลจากแรงลมเป็น 100% รูปที่ 4.1, 4.8, 4.15 และ 4.16 แสดงการเคลื่อนที่ในแนวราบที่ชั้นต่าง ๆ โค้ดแแกรมของแรงเฉือนของโครงสร้างข้อแข็งแต่ละโครงแสดงไว้ใน รูปที่ 4.2 ถึง 4.4 รูปที่ 4.9 ถึง 4.11 และรูปที่ 4.17 ถึง 4.22 ส่วนโค้ดแแกรมของโมเมนต์แสดงไว้ใน รูปที่ 4.5 ถึง 4.7, รูปที่ 4.12 ถึง 4.14 และรูปที่ 4.23 ถึง 4.28 โดยกรณีที่รับแรงแผ่นดินไหวจำลองนั้น ได้ใช้ค่าโมเมนต์เมื่อเวลาที่เกิดโมเมนต์สูงสุดที่เสาชั้นล่าง

4.2 โครงสร้างข้อแข็ง 4 ชั้น

จากตารางที่ 4.2 จะเห็นว่าผลจากแรงแผ่นดินไหวจำลองให้ค่าต่าง ๆ น้อยกว่าผลจากแรงลมหรือแรงแผ่นดินไหวตามข้อกำหนด ยู.บี.ซี. โดยมีค่าแรงเฉือนรวมในแนวราบที่ฐานเป็น 52.5% โมเมนต์สูงสุดในคานและเสาเป็น 36.5% และ 60.5% ของค่าที่เกิดขึ้นจากแรงลมตามลำดับ แต่ผลจากแรงแผ่นดินไหวตาม ยู.บี.ซี. ให้ค่าแรงภายในชิ้นส่วนกลับมากกว่าที่เกิดจากแรงลมโดยทั่วไป 10-20%

4.3 โครงสร้างข้อแข็ง 10 ชั้น

จากตารางที่ 4.3 ผลของแผ่นดินไหวจำลองในค่าแรงเฉือนรวมในแนวราบที่ฐานเป็น

62.9% และโมเมนต์สูงสุดในคานและเสาเป็น 79.8% และ 55.9% ของค่าที่เกิดจากแรงลมตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าผลจากแรงลมมาก ส่วนในชั้นบน ๆ กรณีที่เกิดโมเมนต์สูงสุดนั้น โมเมนต์ใกล้เคียงผลจากแรงลมอยู่ในอันดับ 5% แต่ผลจากแรงแผ่นดินไหวตามข้อกำหนด ยู.บี.ซี. ให้แรงเฉือนในแนวราบที่ฐานและโมเมนต์สูงสุดในคานและเสาเป็นประมาณ 130% ของค่าจากแรงลมและมากกว่าค่าที่น่าจะเป็น เมื่อพิจารณาการสั่นสะเทือนโดยคลื่นแผ่นดินไหวจำลองมาก (กว่า 30%)

4.4 โครงข้อแข็ง 20 ชั้น

จากตารางที่ 4.1 คาบธรรมชาติที่หาจากสูตรของข้อกำหนด ยู.บี.ซี. ของโครงข้อแข็งทั้งกรณี 1 และ 2 มีค่าเท่ากับ 1.27 วินาที ที่เท่ากันก็เพราะว่าคาบธรรมชาติที่หาจากสูตรไม่ได้ขึ้นอยู่กับสถิติเนสและมวล แต่ขึ้นอยู่กับความกว้างและความสูงของอาคาร ซึ่งค่าที่ได้มีค่าอยู่ระหว่างค่าที่ได้จากการวิเคราะห์โดยวิธีไฟไนต์เอเลเมนต์ นอกจากนี้จะเห็นว่าเมื่อเพิ่มสถิติเนสของคานของโครงข้อแข็ง กรณี 2 ประมาณ 1.5 เท่า ของโครงข้อแข็งกรณี 1 คาบธรรมชาติของอาคารลดลงประมาณ 33% และการเคลื่อนที่ในแนวราบที่ยอดอาคารลดลงประมาณ 50%

จากตารางที่ 4.4 จะเห็นว่าผลจากการวิเคราะห์ผลศาสตร์ภายใต้แผ่นดินไหวจำลองก็ยังให้ค่าสูงสุดต่าง ๆ น้อยกว่าผลจากแรงลมและแรงแผ่นดินไหวตามข้อกำหนด ยู.บี.ซี. โครงข้อแข็งกรณี 2 (คานแข็ง) นั้น ให้ค่าใกล้เคียงกับผลจากแรงลม โดยมีแรงเฉือนรวมในแนวราบที่ฐานเป็น 94.5% โมเมนต์ในคานและเสาชั้นล่างเป็น 89.1% และ 85.7% ของค่าที่เกิดจากแรงลมตามลำดับ โดยทั่วไปจากการตรวจสอบผลจากคอมพิวเตอร์โมเมนต์สูงสุดในคานและเสาจะน้อยกว่าผลจากแรงลมอยู่ในอันดับ 10% สำหรับชั้นบน ๆ (2-3 ชั้นบน) เวลาที่เกิดค่าโมเมนต์สูงสุดนั้นค่าโมเมนต์มากกว่าผลจากแรงลมอยู่ในอันดับ 20% ส่วนโครงข้อแข็ง กรณี 1 (คานอ่อน) นั้นค่าแรงเฉือนรวมในแนวราบที่ฐานที่เกิดขึ้นเป็นเพียง 61.9% โมเมนต์สูงสุดในคานและเสาเป็น 73.5% และ 50.4% ของค่าที่เกิดจากแรงลมตามลำดับ เนื่องจากโครงข้อแข็ง กรณี 1 มีสถิติเนสน้อยกว่ากรณี 2 มากพอสมควร ดังนั้นแรงภายในโครงสร้างที่เกิดขึ้นจากการสั่นสะเทือนเนื่องจากแผ่นดินไหวจึงน้อยตามไปด้วย สำหรับผลจากแรงแผ่นดินไหวตามข้อกำหนด ยู.บี.ซี. ทั้งโครงข้อแข็ง กรณี 1 และ 2 ให้ผลใกล้เคียงกับแรงลม โดยมีแรงเฉือนรวมในแนวราบของกรณี 1 และ 2 เป็น 88.9% และ 99.0% ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าผลจากแรงลมเล็กน้อย ซึ่งกลับกับกรณีของโครงข้อแข็ง 10 ชั้น ทั้งนี้เนื่องจากค่าของแรงลมที่ใช้สำหรับอาคารที่มีความสูงเกินกว่า 40 เมตร

มีค่าค่อนข้างสูง คือ 160 กก./ตร.ม. ในชั้นบน ๆ นั้น ค่าโมเมนต์ในเสาและในคานจาก
แรงแผ่นดินไหวตามข้อกำหนด ยู.บี.ซี. เขต 1 มีค่ามากกว่าประมาณ 15-20% แต่ชั้นทั่วไป
มีค่าใกล้เคียงกับผลจากแรงลมอยู่ในอันดับ 10%



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.1 คาบธรรมชาติ (T) ที่ได้จากโปรแกรม FEAP และจากสูตรตามข้อกำหนด
ยู.บี.ซี.

โครงข้อแข็ง	T จาก FEAP (วินาที)	T จาก ยู.บี.ซี. (วินาที)
4	0.43	0.35
10	0.70	0.67
20 กรณี 1	1.59	1.27
กรณี 2	1.06	1.27

ตารางที่ 4.2 ตารางเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการวิเคราะห์โครงข้อแข็ง 4 ชั้น

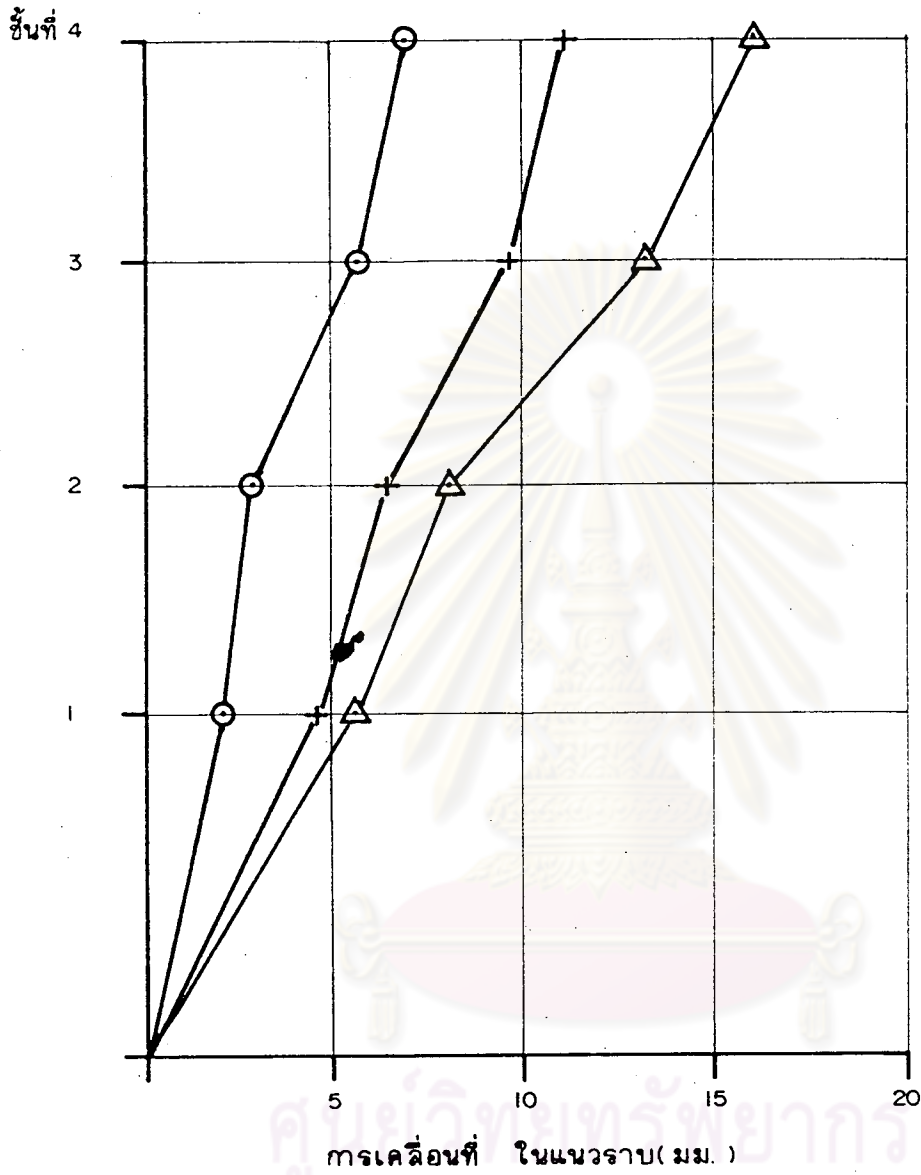
	ผลจากแรงลมกับ น้ำหนักบรรทุก		ผลจากแรงแผ่นดินไหวตาม ยู.บี.ซี. กับน้ำหนักบรรทุก		ผลจากแรงแผ่นดินไหว จำลองกับน้ำหนักบรรทุก	
	ค่า	%	ค่า	%	ค่า	%
แรงเฉือนรวมในแนว ราบที่ฐาน (ตัน)	2.61	100%	3.10	118.8%	1.37	52.5%
โมเมนต์สูงสุดในคาน ชั้นล่าง (ตัน-เมตร)	4.23	100%	4.58	108.3%	3.66	36.5%
โมเมนต์สูงสุดในเสา ชั้นล่าง (ตัน-เมตร)	1.85	100%	2.15	116.2%	1.12	60.5%
การเคลื่อนที่สูงสุด (มม.)	11.0	100%	16.1	146.4%	7.0	63.6%

ตารางที่ 4.3 ตารางเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการวิเคราะห์โครงสร้างข้อแข็ง 10 ชั้น

	ผลจากแรงลมกับ น้ำหนักบรรทุก		ผลจากแรงแผ่นดินไหวตาม ยู.บี.ซี. กับน้ำหนักบรรทุก		ผลจากแรงแผ่นดินไหว จำลองกับน้ำหนักบรรทุก	
	ค่า	100%	ค่า	100%	ค่า	100%
แรงเฉือนรวมในแนว ราบที่ฐาน (คาน)	15.43	100%	21.55	139.7%	9.70	62.9%
โมเมนต์สูงสุดในคาน ชั้นล่าง (คาน-เมตร)	15.77	100%	18.49	117.2%	12.58	79.8%
โมเมนต์สูงสุดในเสา ชั้นล่าง (คาน-เมตร)	15.91	100%	21.68	136.3%	8.90	55.9%
การเคลื่อนที่สูงสุด (มม.)	25.6	100%	41.8	163.3%	15.60	60.9%

ตารางที่ 4.4 ตารางเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการวิเคราะห์โครงสร้างข้อแข็ง 20 ชั้น

	ผลจากแรงลมกับ น้ำหนักบรรทุก		ผลจากแรงแผ่นดินไหวตาม ยู.บี.ซี. กับน้ำหนักบรรทุก		ผลจากแรงแผ่นดินไหว จำลองกับน้ำหนักบรรทุก	
	ค่า	100%	ค่า	100%	ค่า	100%
กรณี 1 แรงเฉือนรวมในแนว ราบที่ฐาน (คาน)	64.43	100%	57.25	88.9%	39.91	61.9%
	กรณี 2	64.43	100%	63.77	99.0%	60.86
กรณี 1 โมเมนต์สูงสุดในคาน ชั้นล่าง (คาน-เมตร)	41.83	100%	40.20	96.1%	30.73	73.5%
	กรณี 2	52.02	100%	52.16	100.3%	46.34
กรณี 1 โมเมนต์สูงสุดในเสา ชั้นล่าง (คาน-เมตร)	109.0	100%	99.30	91.1%	54.90	50.4%
	กรณี 2	73.77	100%	73.86	100.1%	63.19
กรณี 1 การเคลื่อนที่สูงสุด (มม.)	196.4	100%	215.3	109.6%	121.6	61.91%
	กรณี 2	92.7	100%	116.1	125.2%	78.7



รูปที่ 4.1 การเคลื่อนที่ ช่องโครงข้อแข็ง 4 ชั้น เนื่องจากการกระทำของแรงลม แรงแผ่นดินไหวตาม UBC. และ แรงแผ่นดินไหวจำลอง

หมายเหตุ

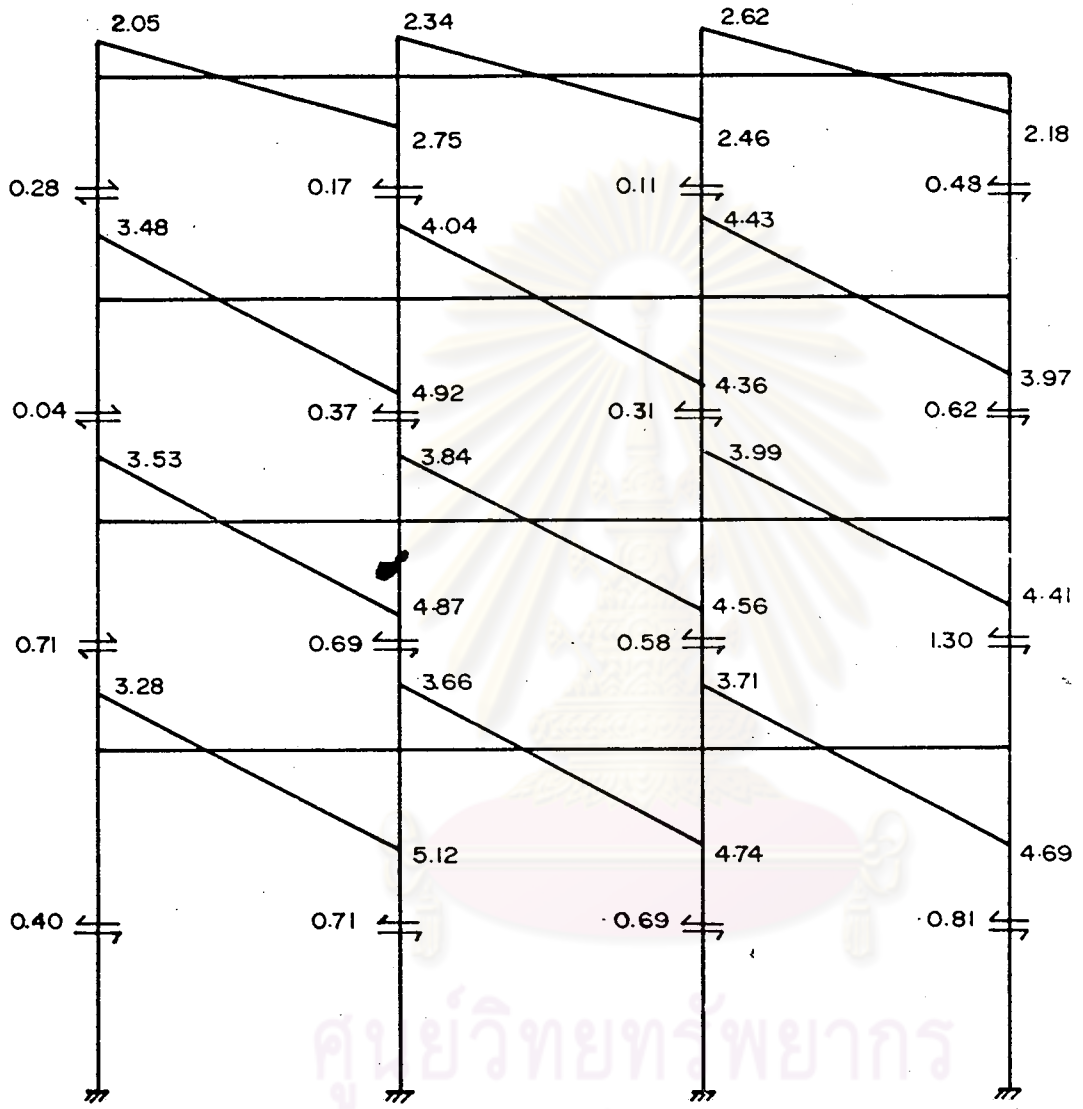
- + แรงลม.
- △ แรงแผ่นดินไหวตาม. UBC.
- แรงแผ่นดินไหวจำลอง

ชั้น 4

3

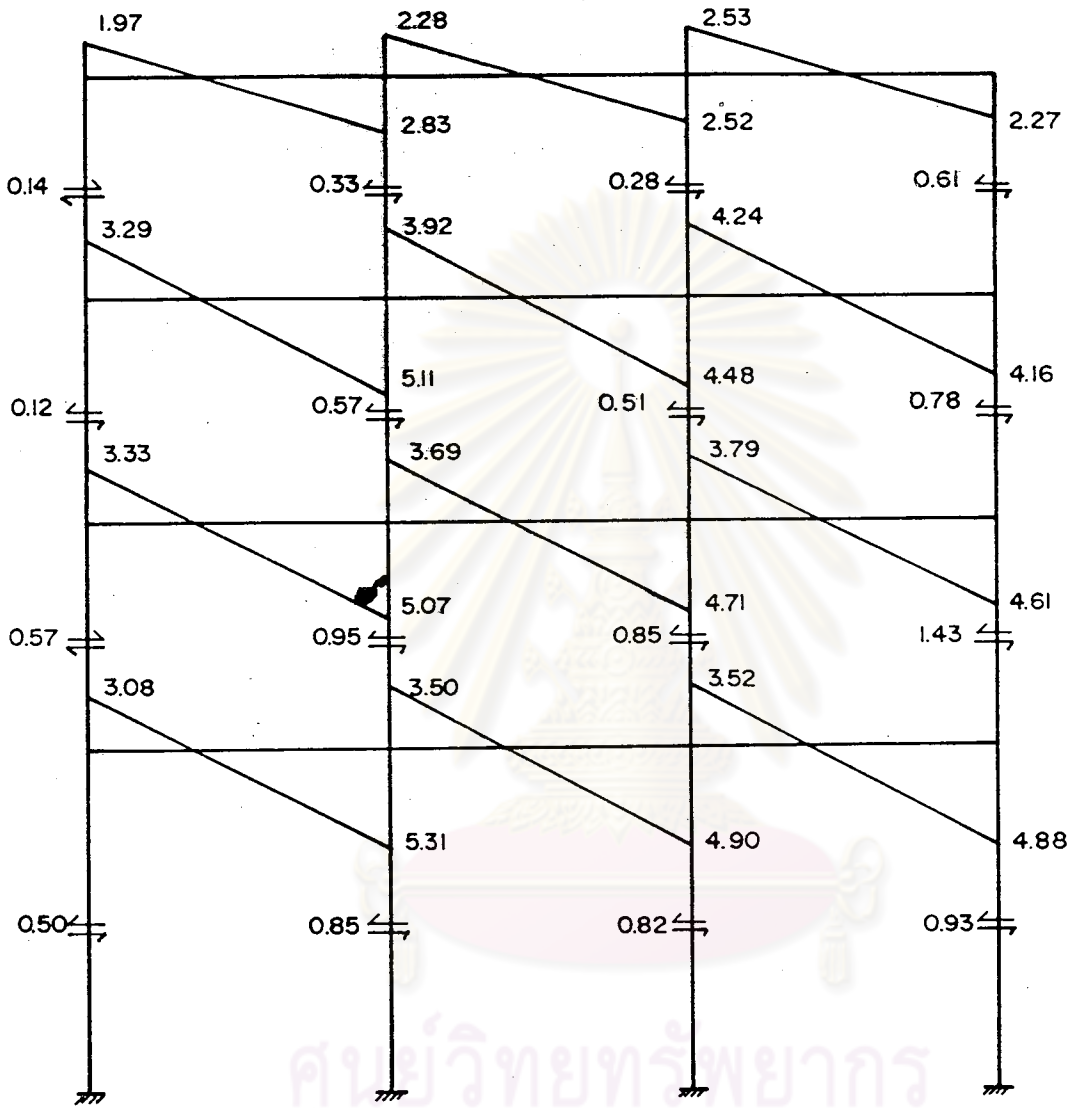
2

1



รูปที่ 4.2 ไดอะแกรมแรงเฉือนใน โครงข้อแข็ง 4 ชั้นที่รับแรงลมและ น้ำหนักบรรทุก

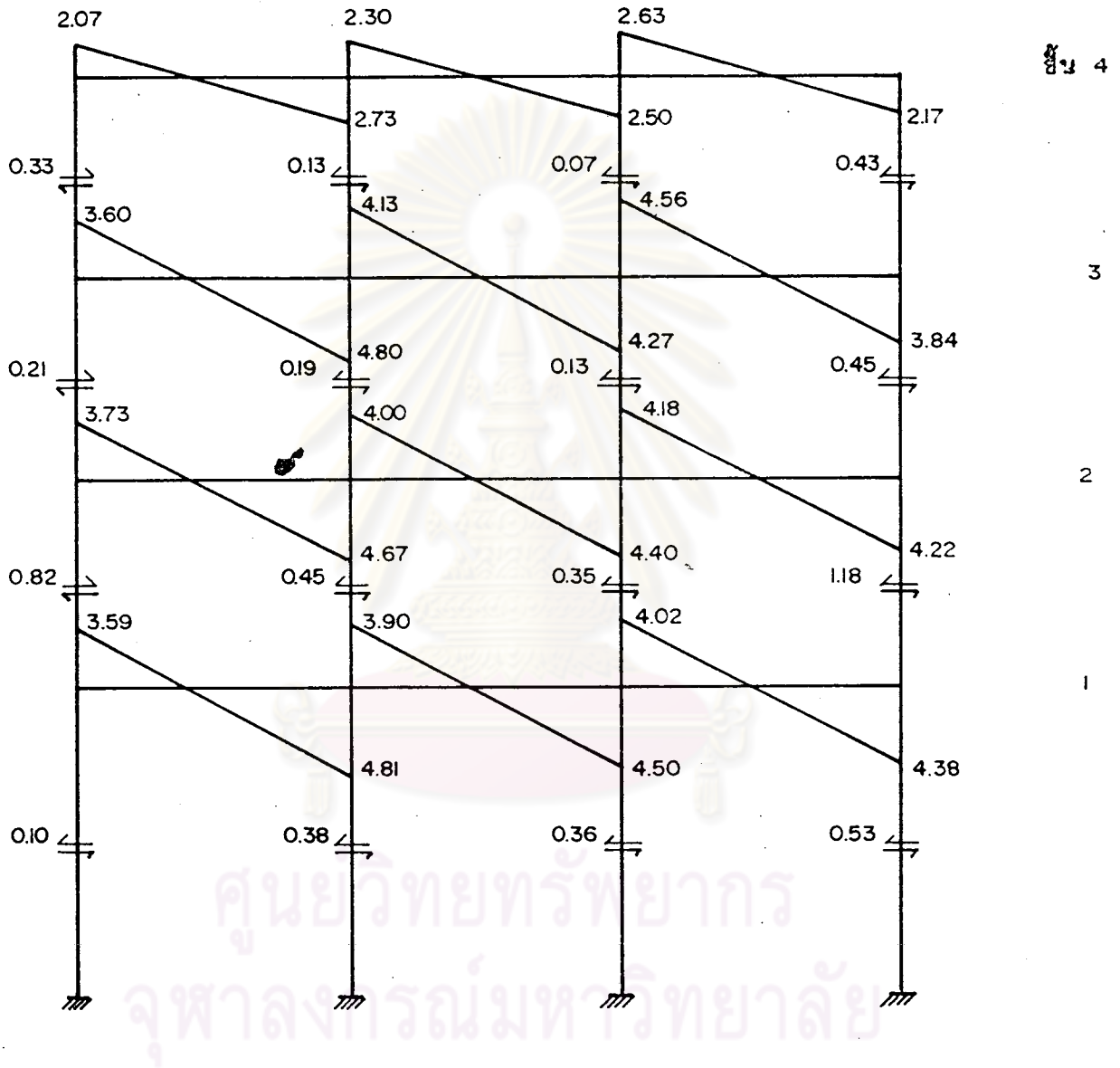
หมายเหตุ แรงเฉือน หน่วยเป็น ตัน



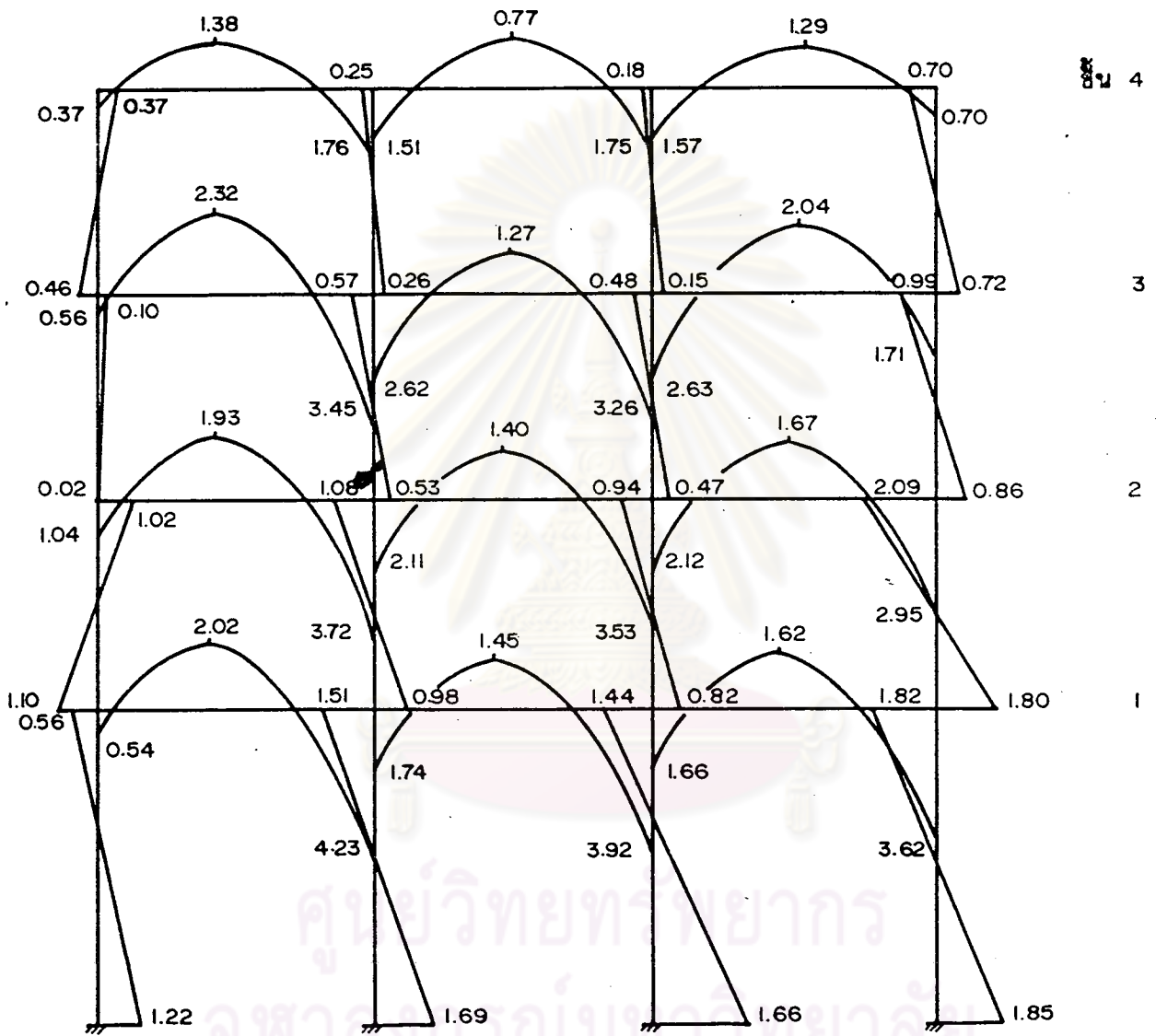
รูปที่ 4

รูปที่ 4.3

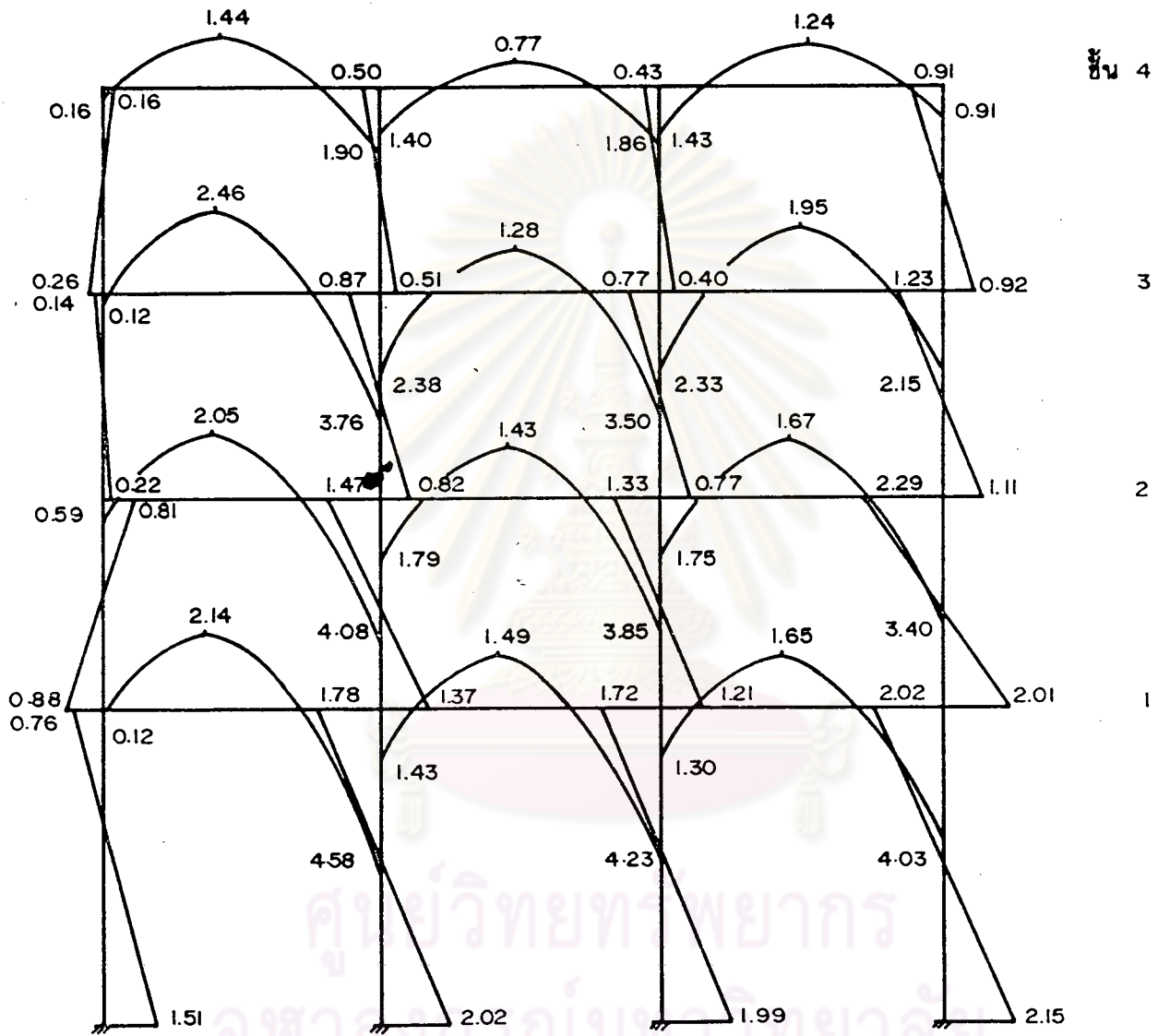
ไดอะแกรมแรงเฉือนในโครงข้อแข็ง 4 ชั้นที่รับแรงแผ่นดินไหว
 ตาม UBC และน้ำหนักบรรทุกทุก
หมายเหตุ แรงเฉือน หน่วยเป็น ตัน



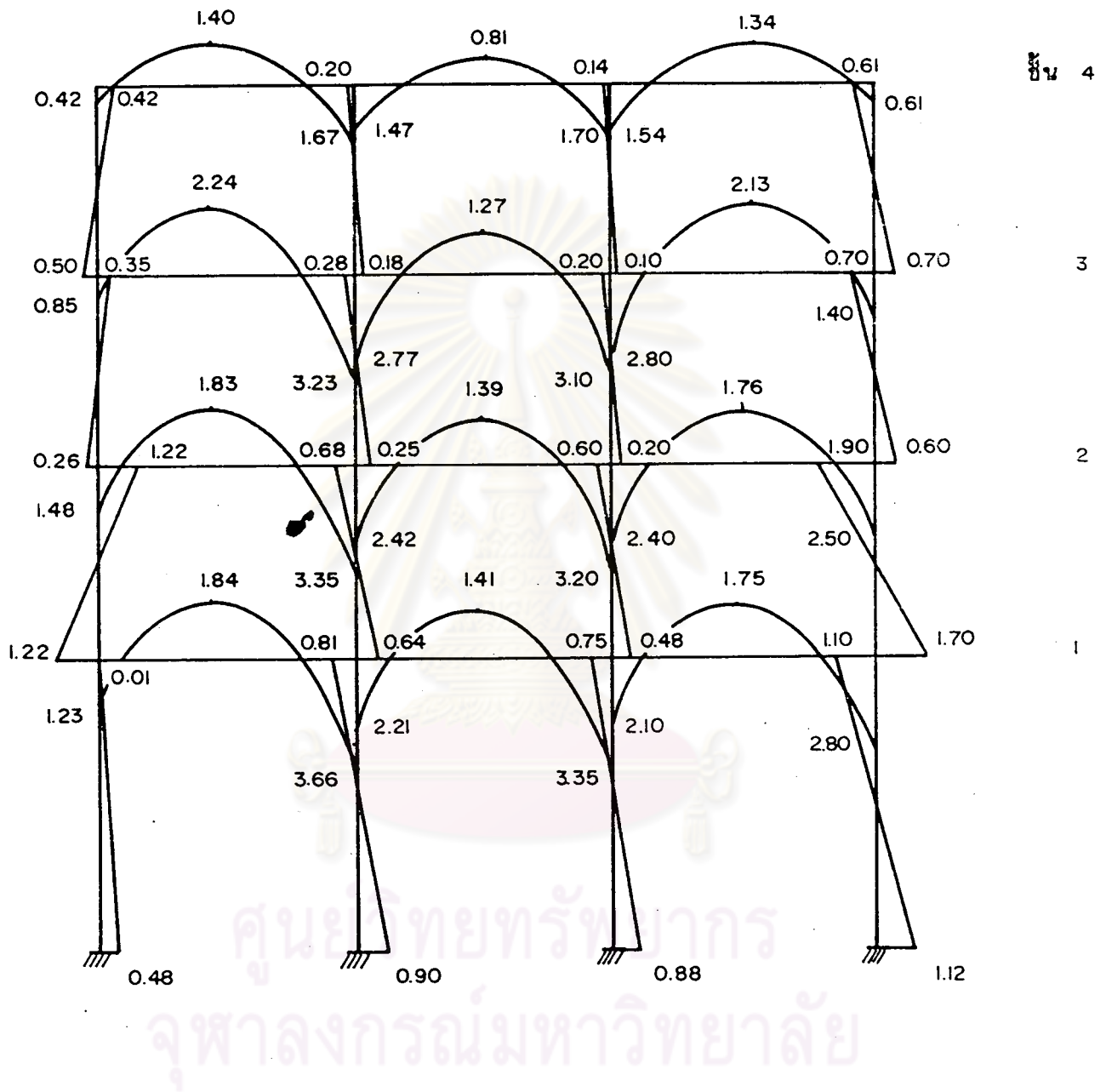
รูปที่ 4.4 โดอะแกรมแรงเฉือนในโครงข้อแข็ง 4 ชั้น ที่รับแรงแผ่นดินไหวจำลอง และน้ำหนักบรรทุก
 หมายเหตุ. แรงเฉือน หน่วยเป็น ตัน



รูปที่ 4.5 ไดอะแกรมโมเมนต์ใน โครงข้อแข็ง 4 ชั้นที่รับแรงลมและ น้ำหนักบรรทุก
 หมายเหตุ โมเมนต์ หน่วยเป็น ตัน-เมตร

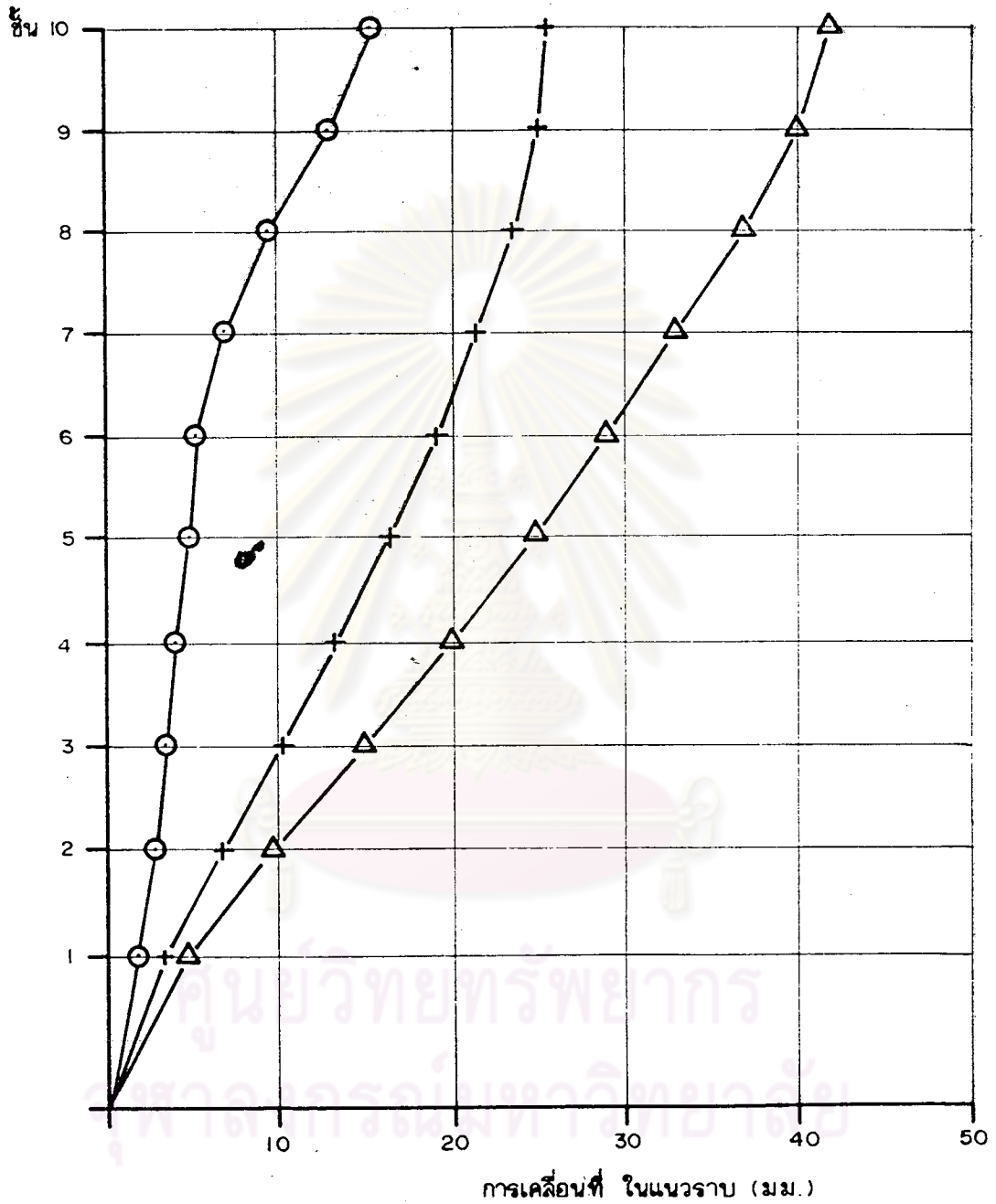


รูปที่ 4.6 โดอะแกรมโมเมนต์ใน โครงข้อแข็ง 4 ชั้นที่รับแรงแผ่นดินไหว
ตาม UBC และน้ำหนักบรรทุก
หมายเหตุ โมเมนต์ หน่วยเป็น ตัน-เมตร



รูปที่ 4.7 ไดอะแกรมโมเมนต์ใน โครงข้อแข็ง 4 ชั้น ที่รับแรงแผ่นดินไหวจำลอง และน้ำหนักบรรทุก

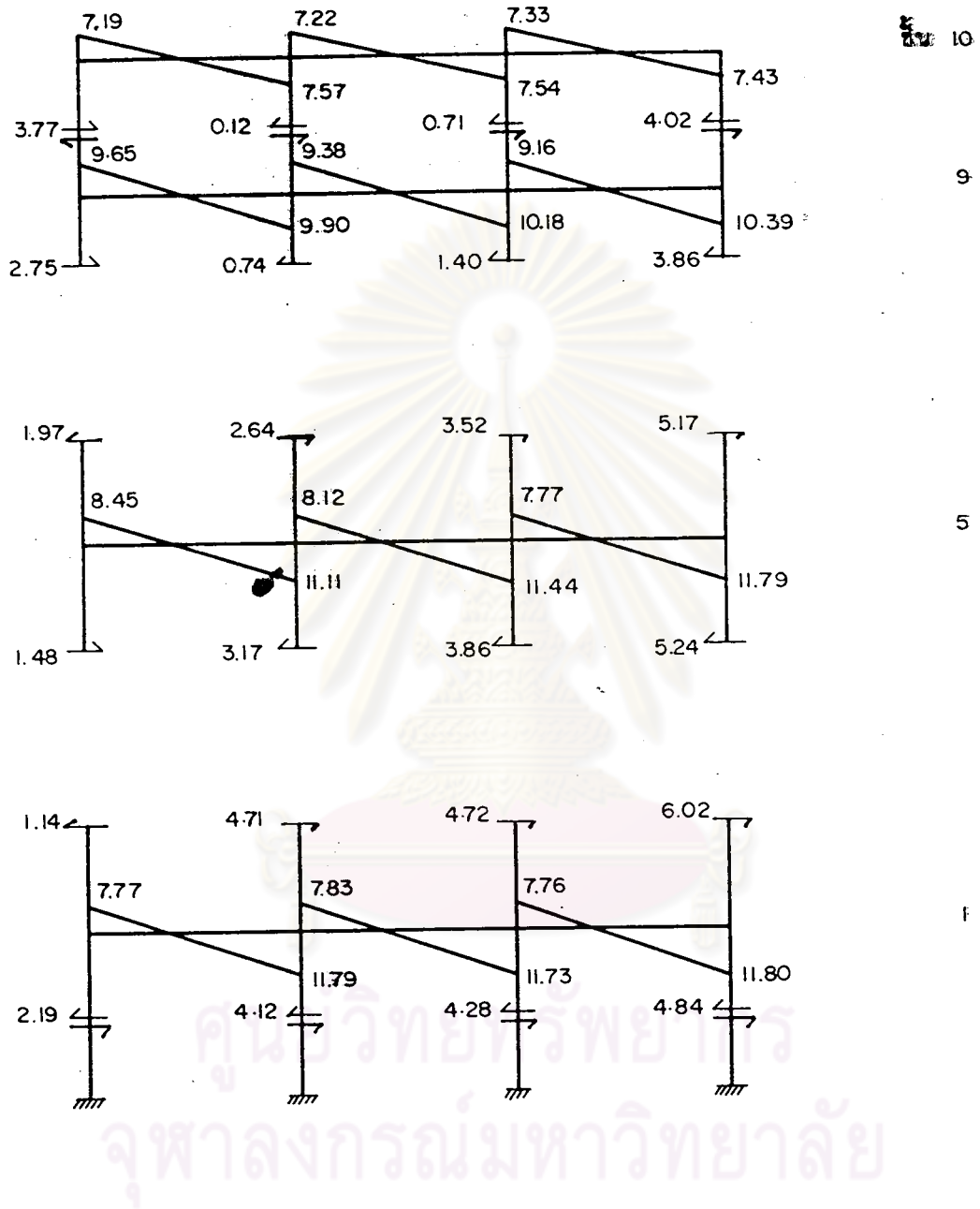
หมายเหตุ โมเมนต์ หน่วยเป็น ตัน-เมตร



รูปที่ 4.8 การเคลื่อนที่ ของโครงข้อแข็ง 10 ชั้น เนื่องจากการกระทำของแรงลม แรงแผ่นดินไหวตาม UBC และ แรงแผ่นดินไหวจำลอง

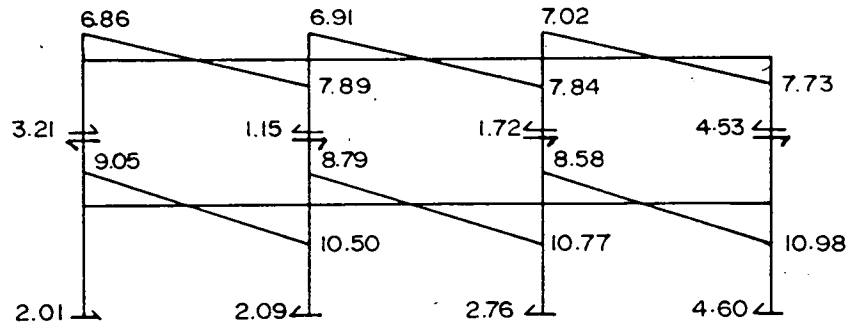
หมายเหตุ

- + แรงลม
- △ แรงแผ่นดินไหวตาม UBC
- ⊙ แรงแผ่นดินไหวจำลอง

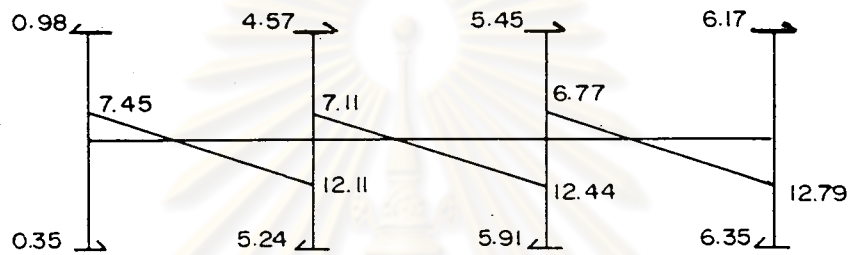


รูปที่ 4.9 ไดอะแกรมแรงเฉือนใน โครงข้อแข็ง 10 ชั้น ที่รับแรงลมและน้ำหนักบรรทุก
หมายเหตุ แรงเฉือน หน่วยเป็น ตัน

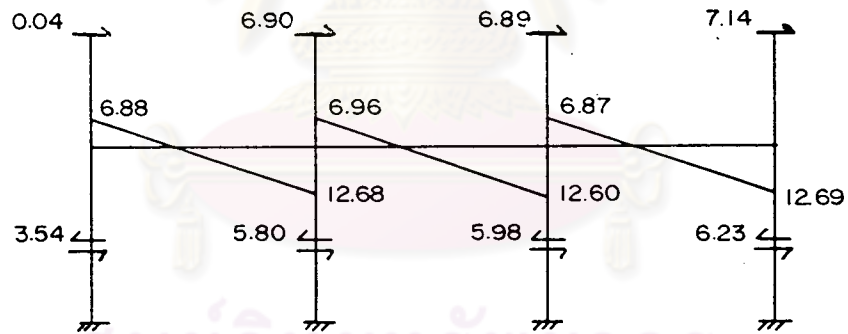
ชั้น 10



9

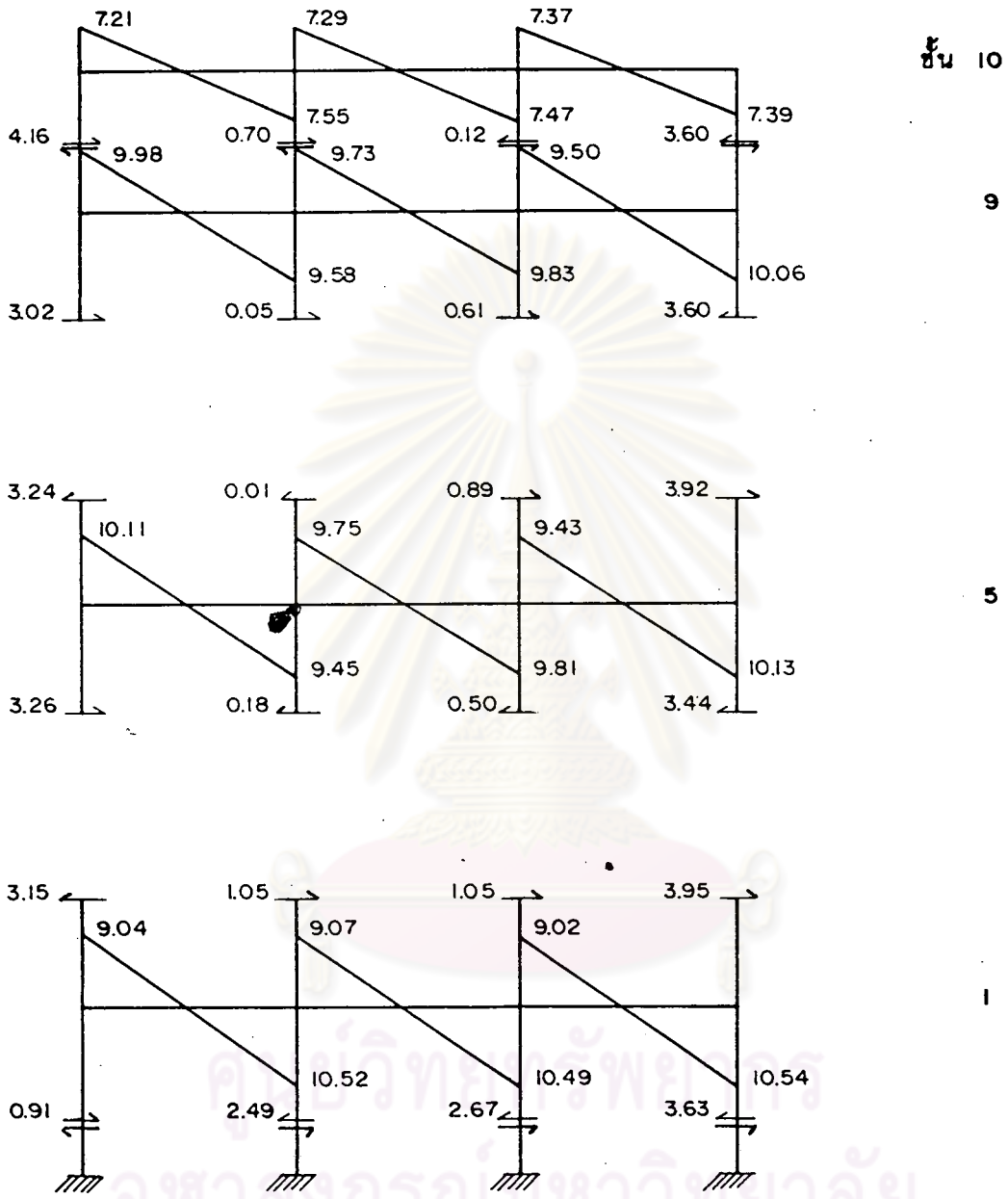


5



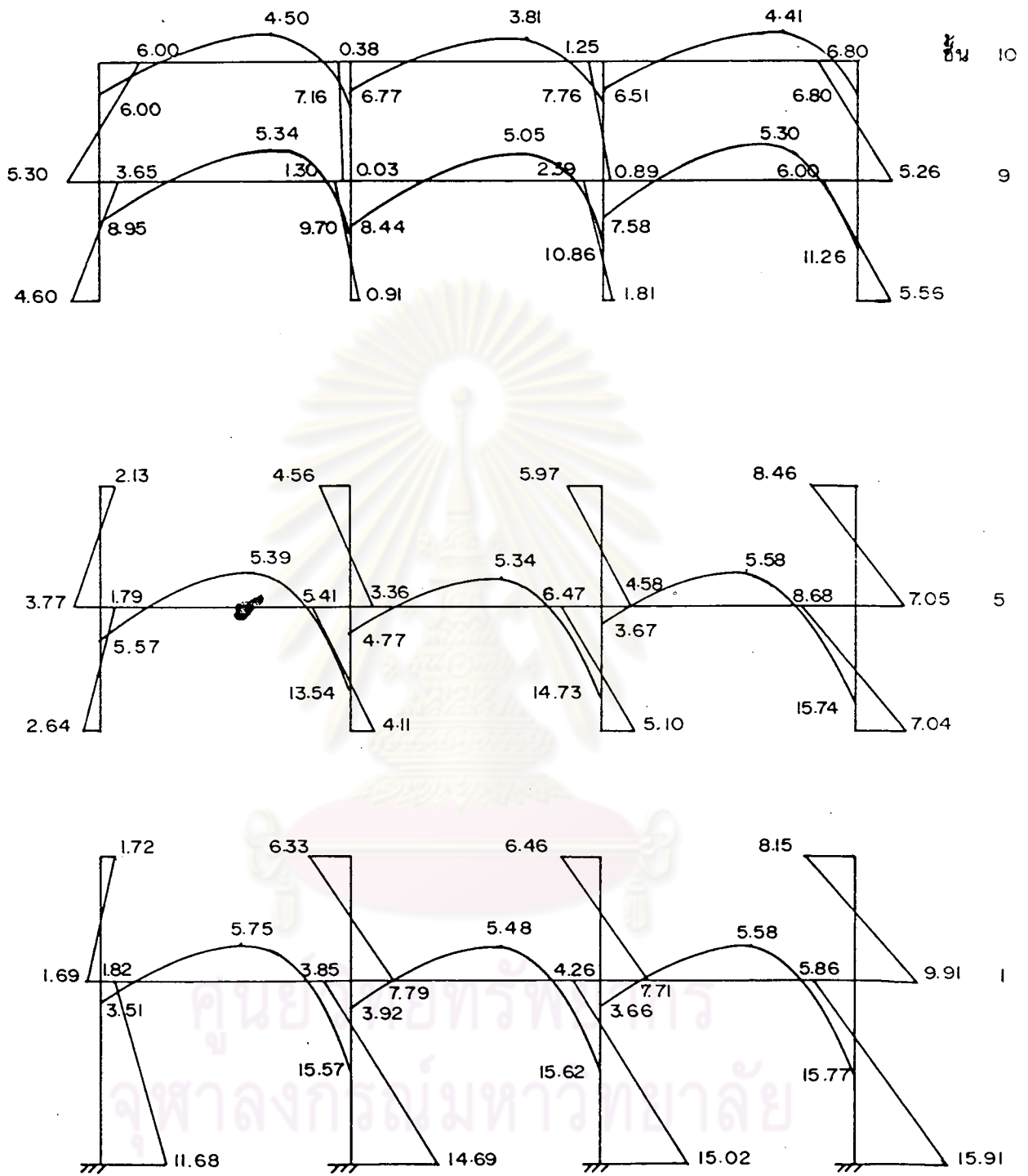
1

รูปที่ 4.10 ไดอะแกรมแรงเฉือนในโครงข้อแข็ง 10 ชั้น ที่รับแรงแผ่นดินไหว ตาม UBC และรับน้ำหนักบรรทุก
หมายเหตุ แรงเฉือน หน่วยเป็น ตัน

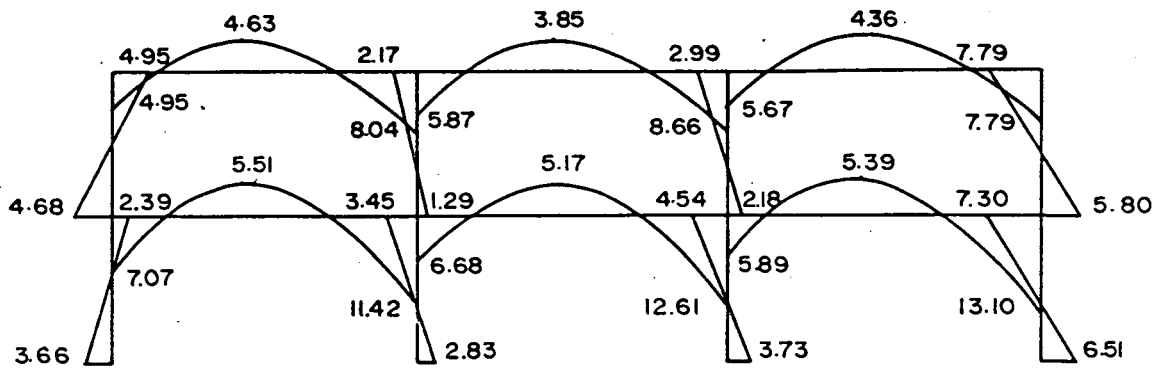


รูปที่ 4.11 โค้ดอะแกรมแรงเฉือนใน โครงข้อแข็ง 10 ชั้น. ที่รับแรงแผ่นดินไหว-
จำลองและน้ำหนักบรรทุก.

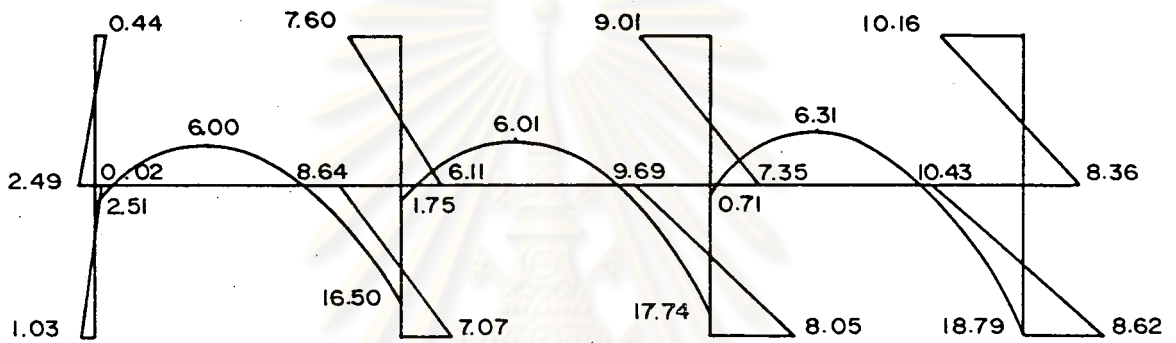
หมายเหตุ แรงเฉือน หน่วยเป็น ตัน



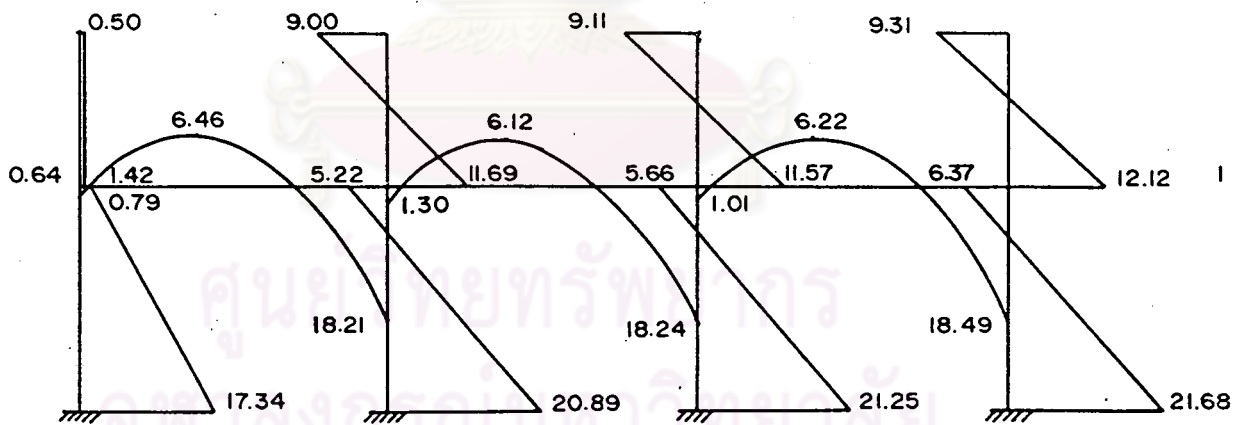
รูปที่ 4-12 ไดอะแกรมโมเมนต์ในโครงข้อแข็ง 10 ชั้น ที่รับแรงลมและน้ำหนักบรรทุก
 หมายเหตุ โมเมนต์ หน่วยเป็น ตัน - เมตร



52
ชั้น 10

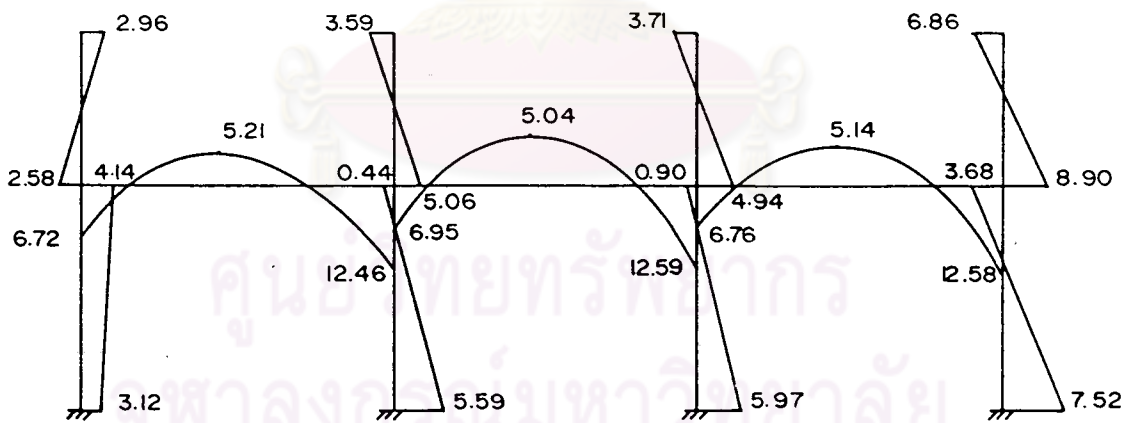
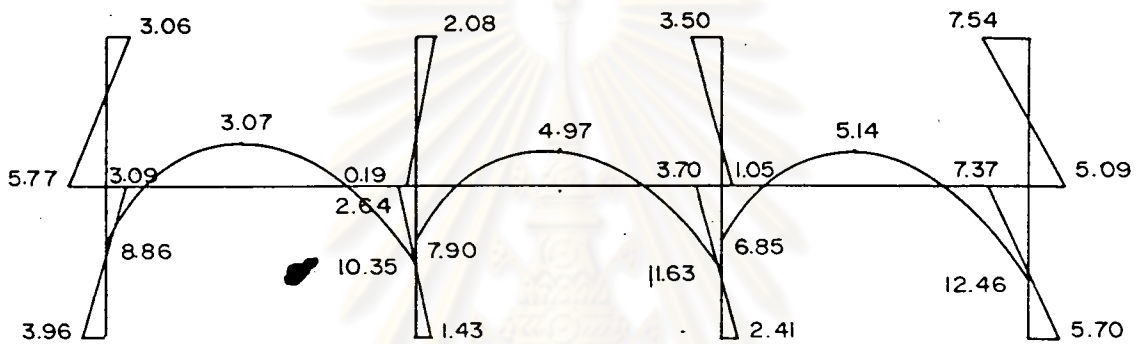
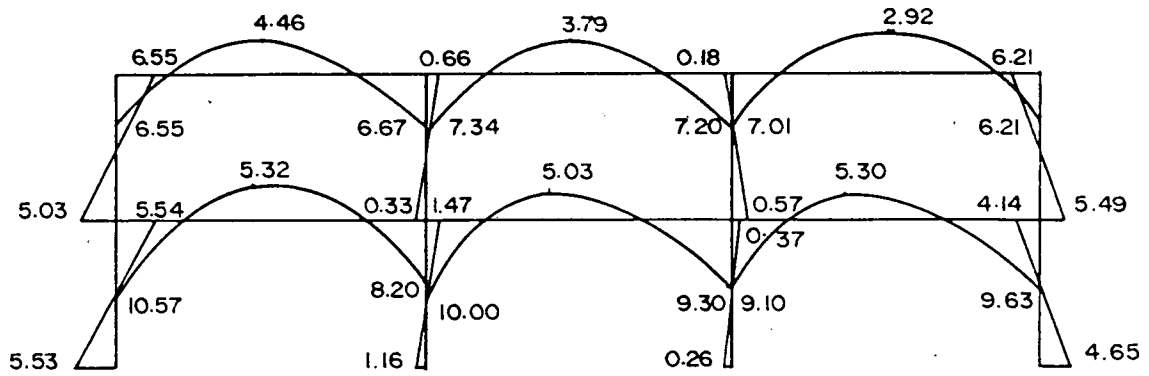


5



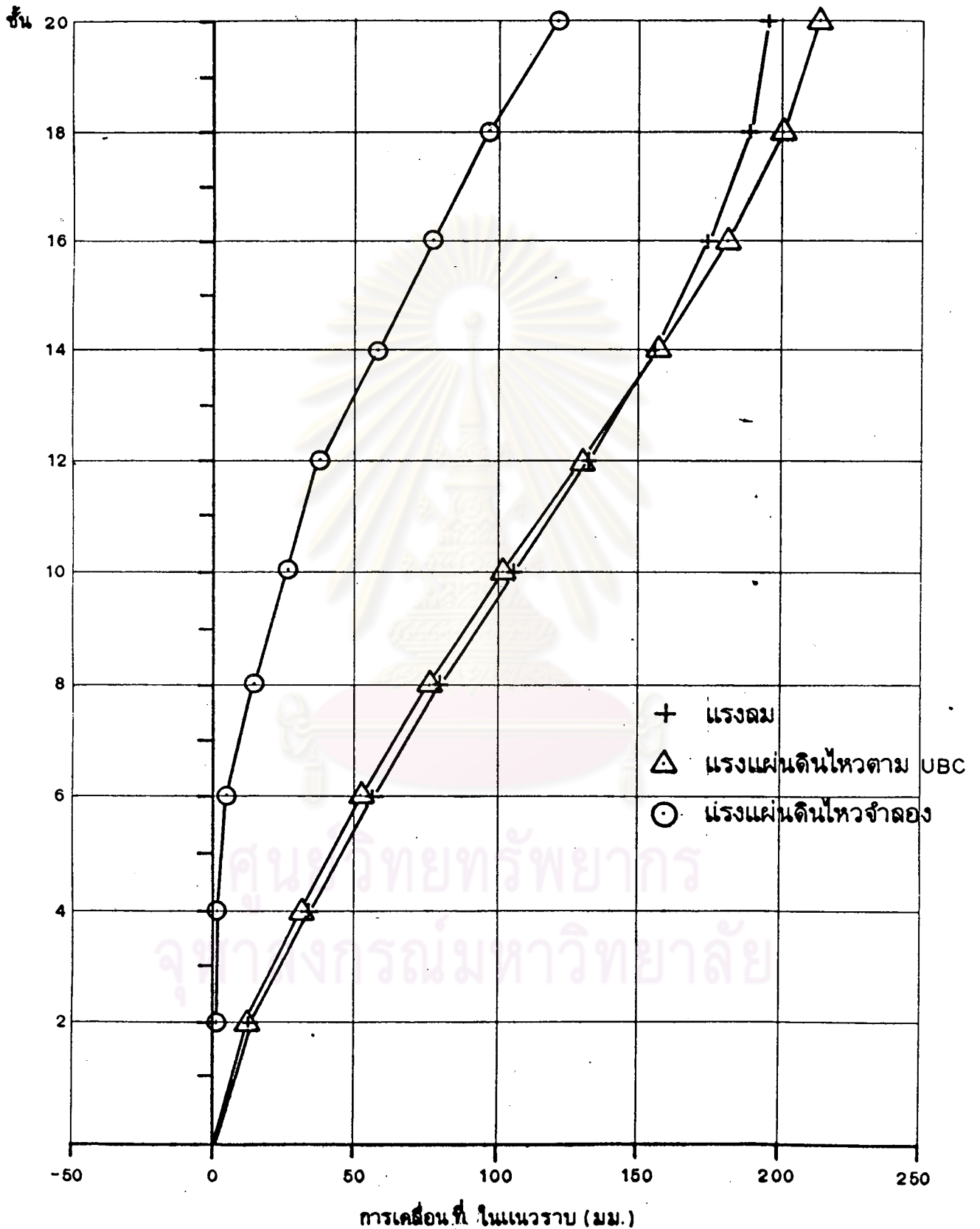
1

รูปที่ 4-13 โดอะแกรมโมเมนต์ในโครงข้อแข็ง 10 ชั้น ที่รับแรงแผ่นดินไหว ตาม UBC และน้ำหนักบรรทุก
หมายเหตุ โมเมนต์ หน่วยเป็น ตัน - เมตร

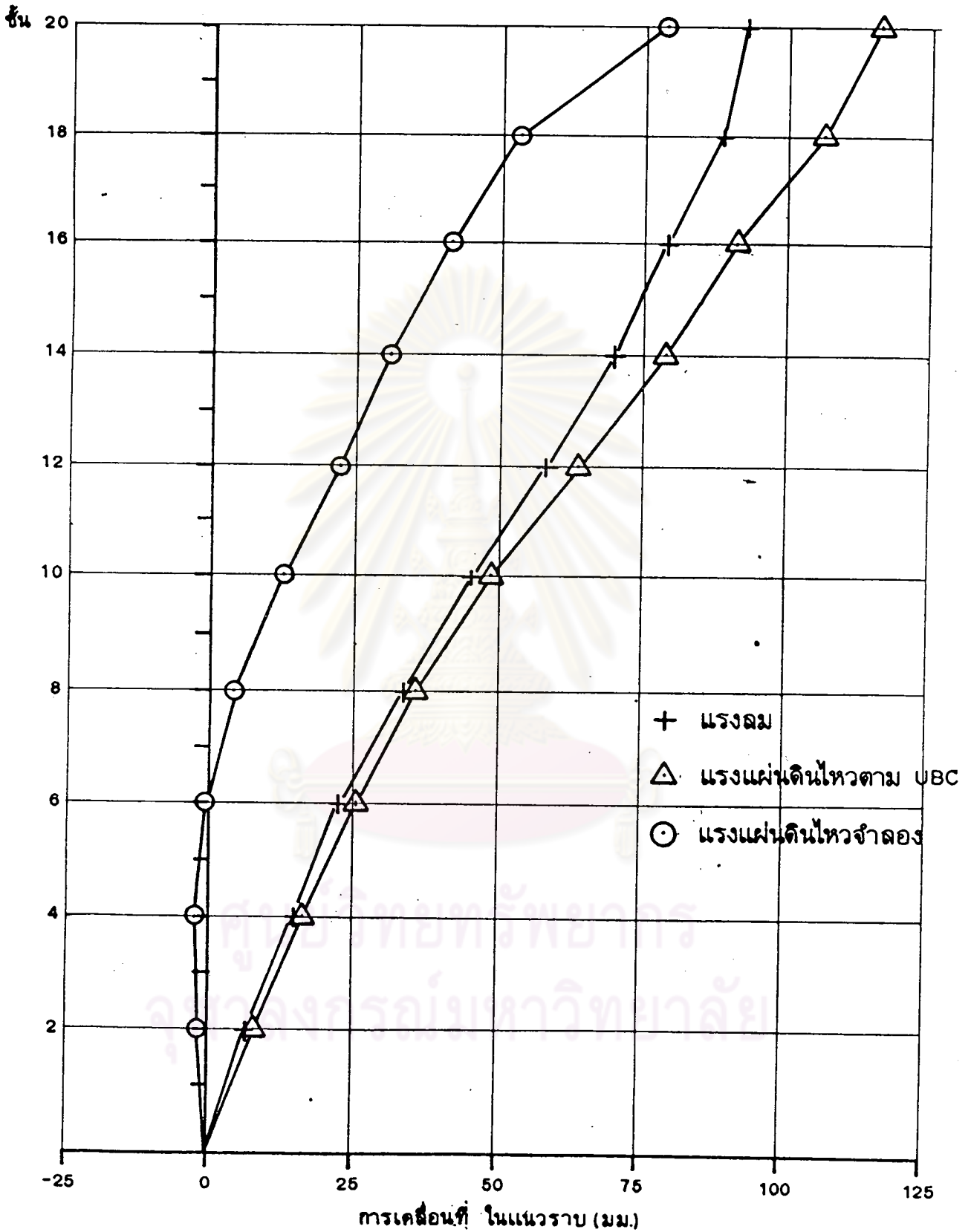


รูปที่ 4.14 โดอะแกรมโมเมนต์ ในโครงข้อแข็ง 10 ชั้น ที่รับแรงแผ่นดินไหวจำลอง และ น้ำหนักบรรทุก

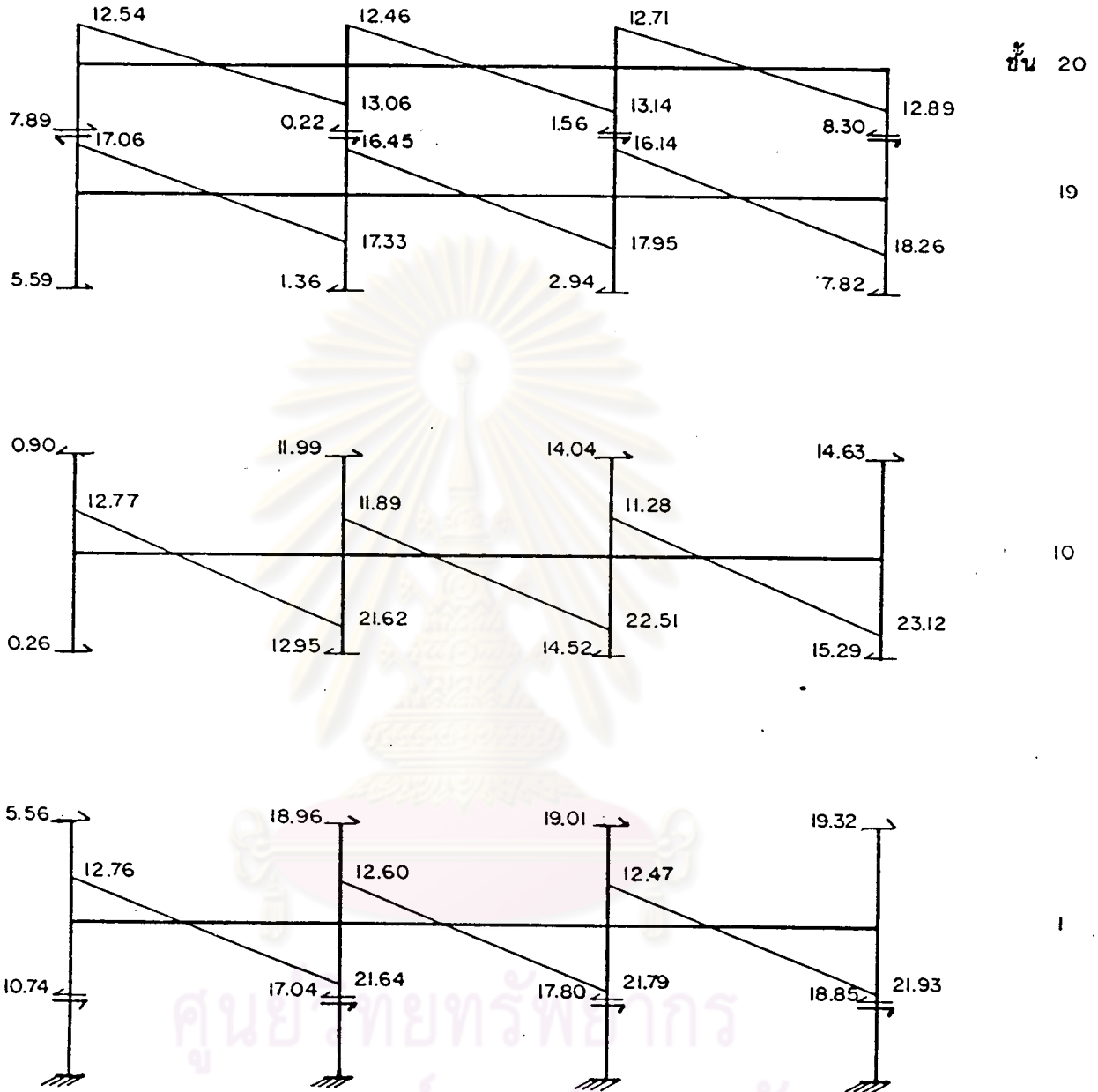
หมายเหตุ โมเมนต์ หน่วยเป็น ตัน - เมตร



รูป 4.15 การเคลื่อนที่ ของโครงข้อแข็ง 20 ชั้น กรณี 1 เนื่องจากการกระทำของแรงลม แรงแผ่นดินไหวตาม UBC และ แรงแผ่นดินไหวจำลอง

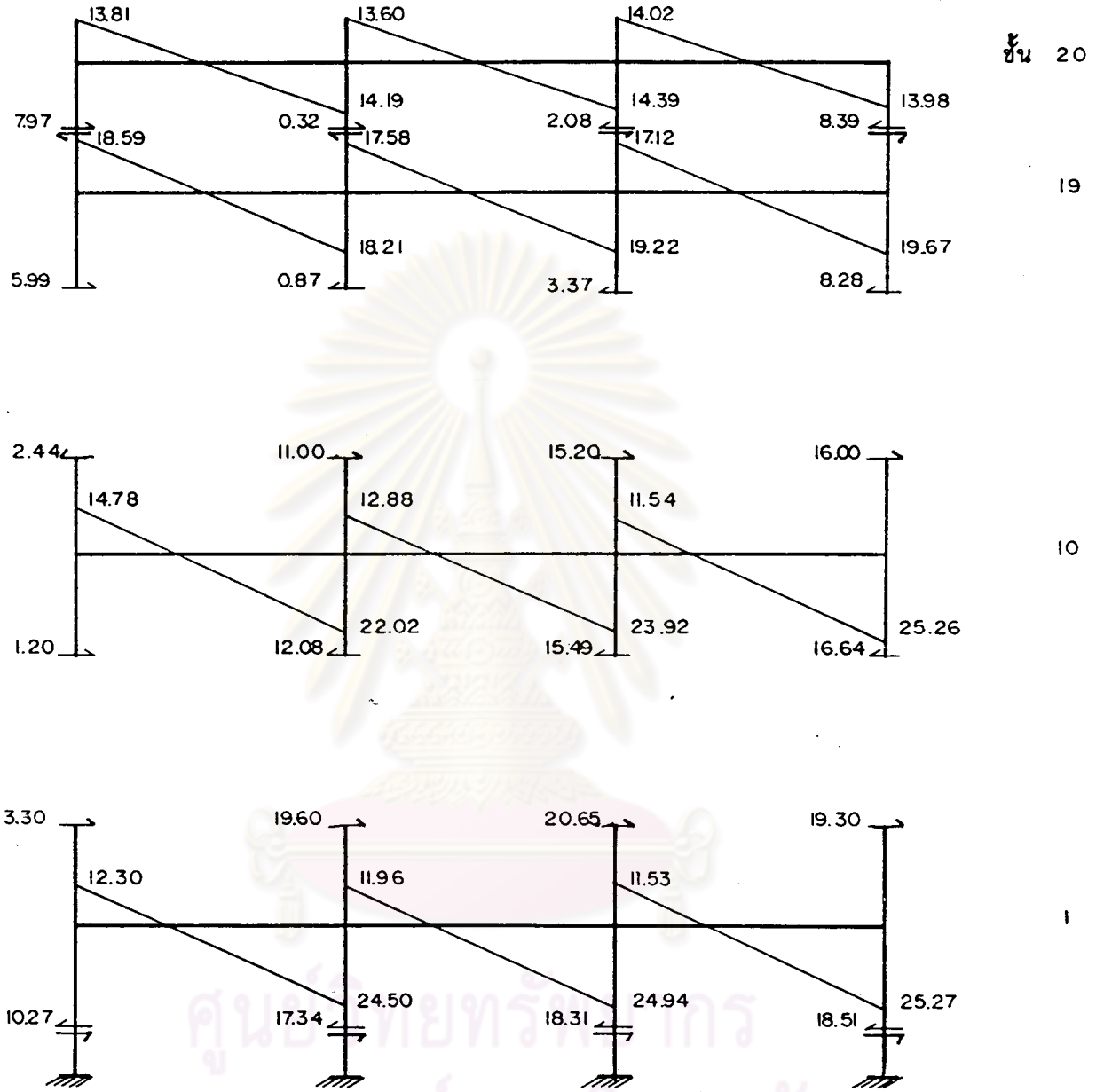


รูปที่ 4.16 การเคลื่อนที่ของโครงข้อแข็ง 20 ชั้น กรณี 2 เนื่องจากการกระทำของแรงลม แรงแผ่นดินไหวตาม UBC และ แรงแผ่นดินไหวจำลอง



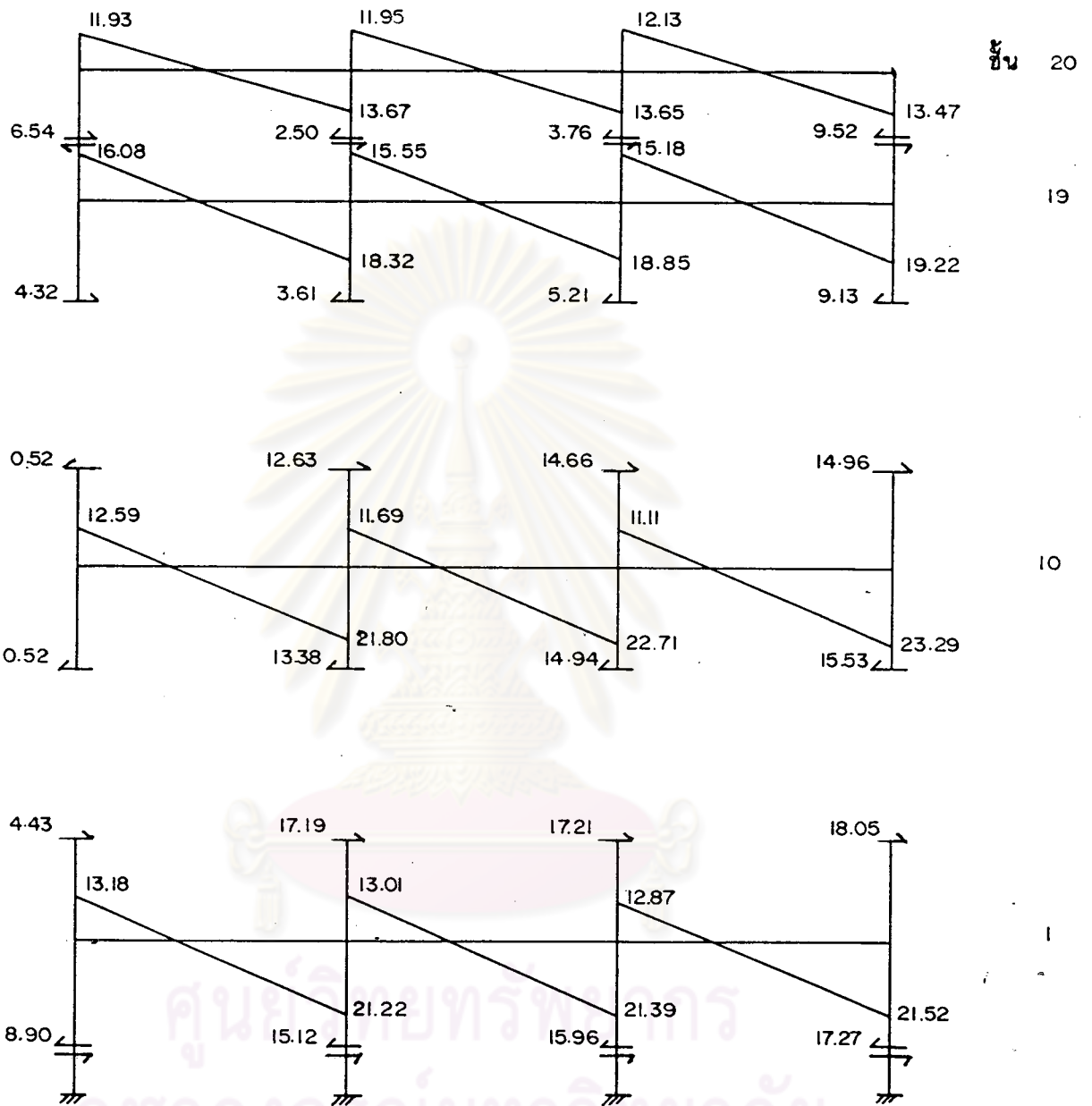
รูปที่ 4.17 ไดอะแกรมแรงเฉือนใน โครงข้อแข็ง 20 ชั้น กรณี 1. ที่รับแรงลมและ น้ำหนักบรรทุกทุก.

หมายเหตุ แรงเฉือนหน่วยเป็น คัน.

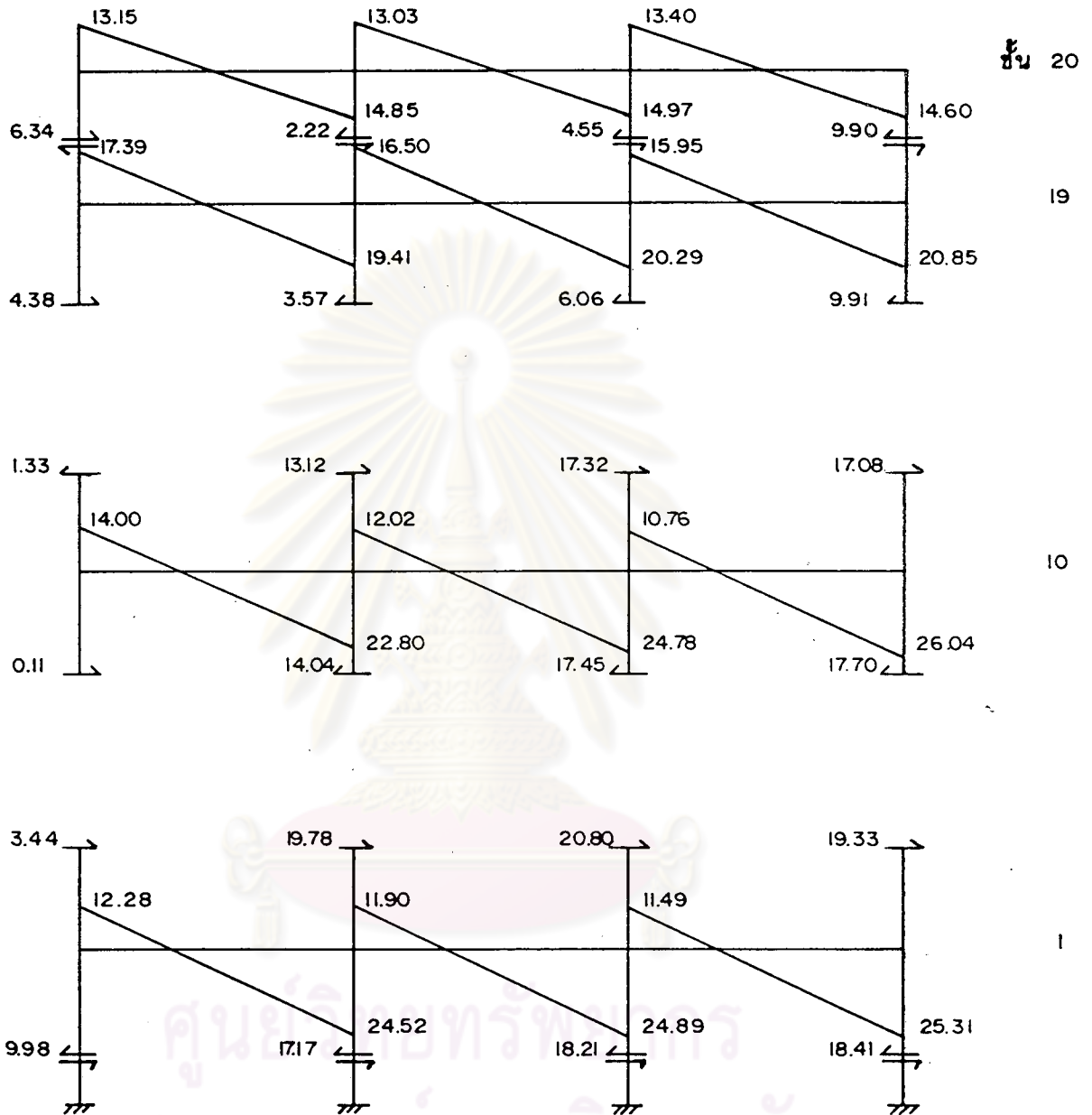


รูปที่ 4.18 โค้ดอะแกรมแรงเฉือนในโครงข้อแข็ง 20 ชั้น. กรณี 2. ที่รับแรงลมและ น้ำหนักบรรทุกทุก.

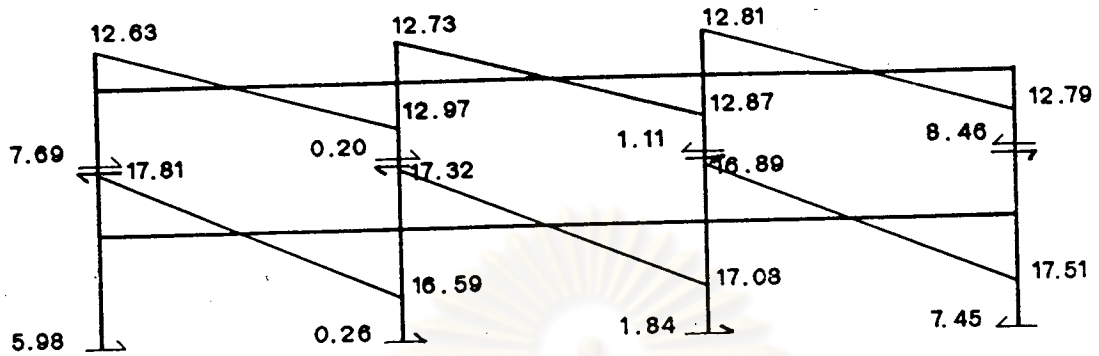
หมายเหตุ แรงเฉือน หน่วยเป็น ตัน



รูปที่ 4-19 โดอะแกรมแรงเฉือนในโครงข้อแข็ง 20 ชั้น กรณี 1 ที่รับแรงแผ่นดินไหวตาม UBC และน้ำหนักบรรทุกทุก
หมายเหตุ แรงเฉือน หน่วยเป็น ตัน

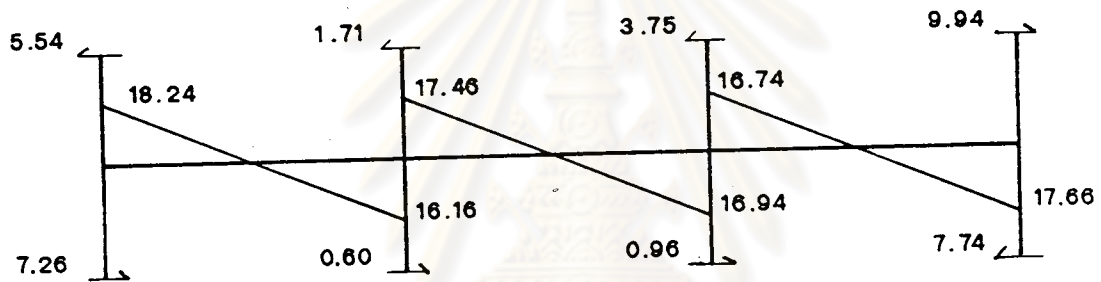


รูปที่ 4.20 โดอะแกรมแรงเฉือนในโครงข้อแข็ง 20 ชั้น. กรณี 2. ที่รับแรง
แผ่นดินไหวตาม UBC และน้ำหนักบรรทุก.
หมายเหตุ, แรงเฉือน. หน่วยเป็น ตัน.

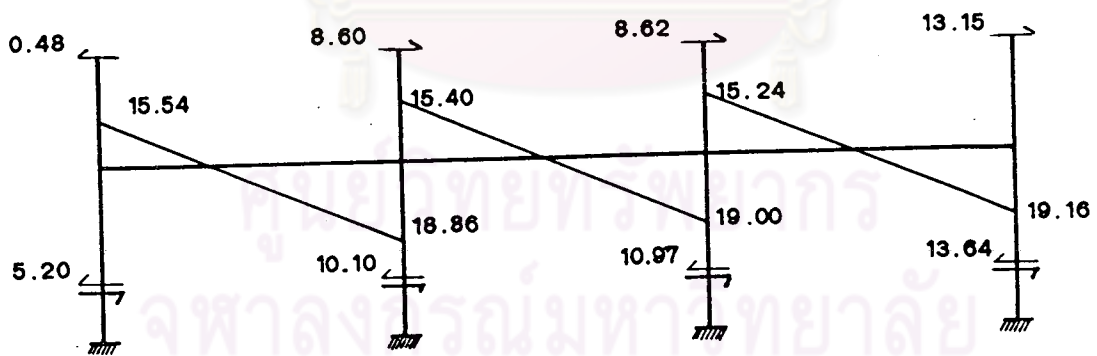


ชั้น 20

19

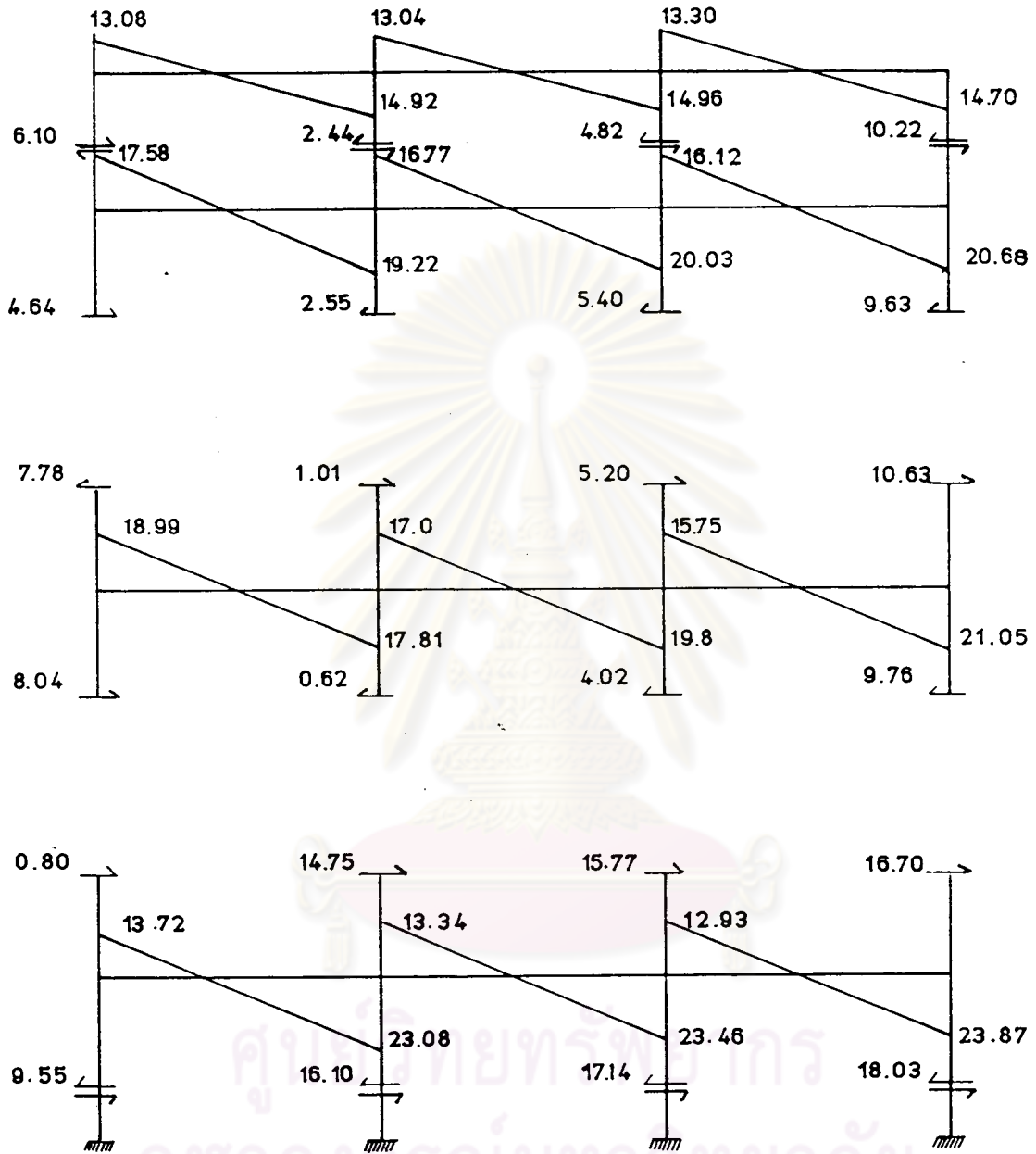


10



1

รูปที่ 4.21 โดอะแกรมแรงเฉือนในโครงข้อแข็ง 20 ชั้น กรณี 1 ใ้รับแรงแผ่นดินไหวจำลอง และน้ำหนักบรรทุก
หมายเหตุ แรงเฉือน หน่วยเป็น ตัน



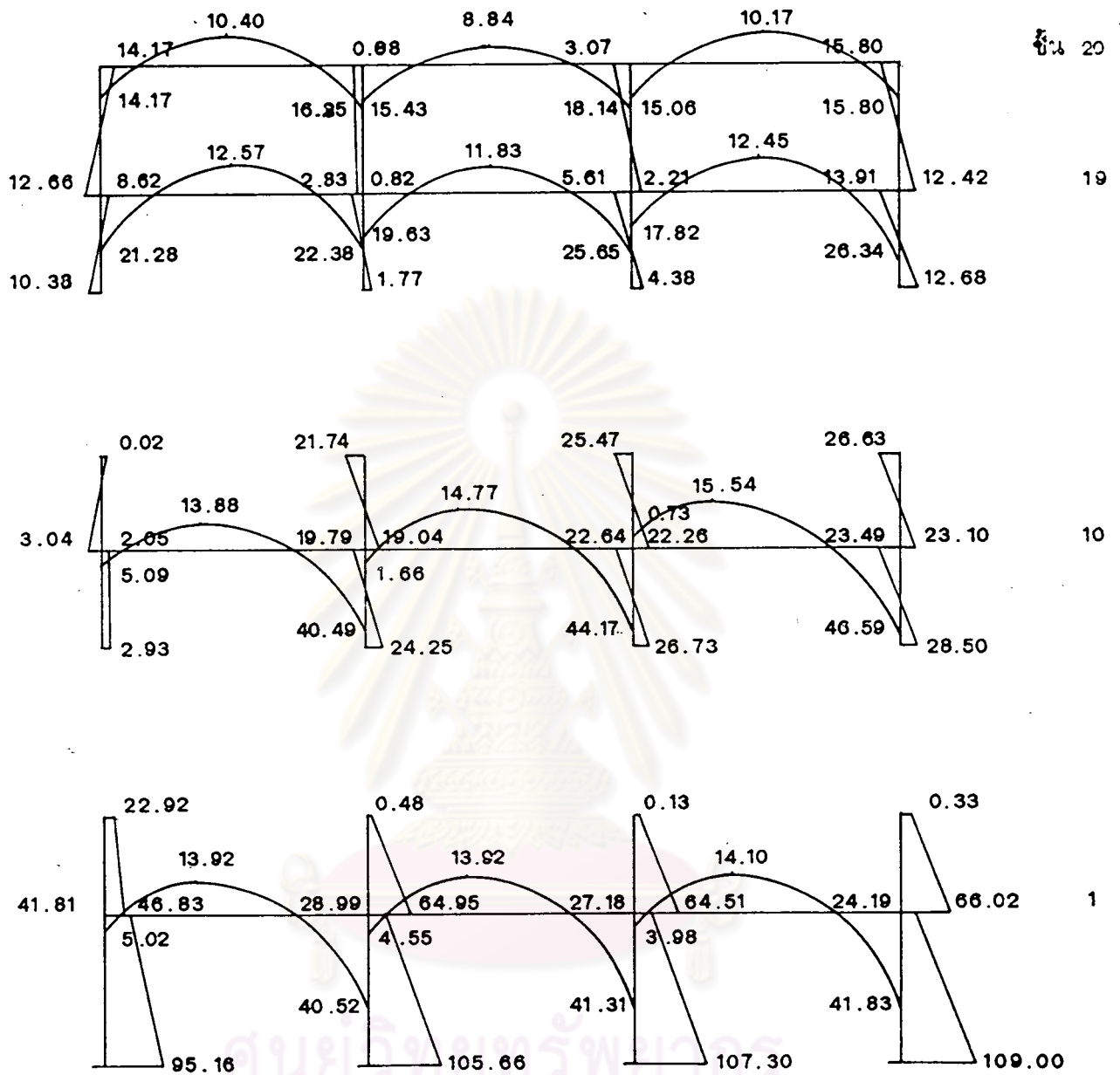
ชั้น 20

19

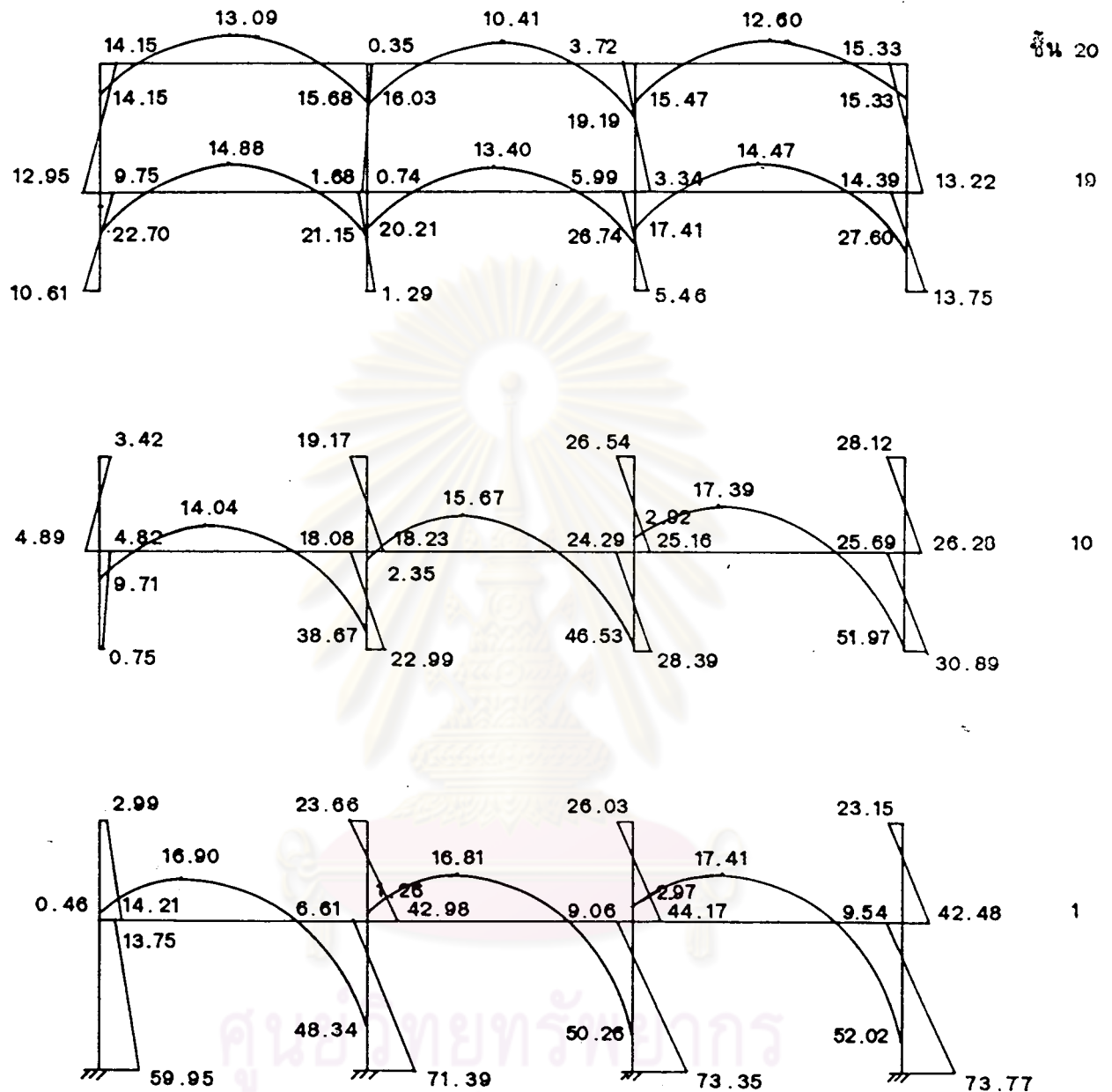
10

1

รูปที่ 4.22 โดอะแกรมแรงเค้นในโครงข้อแข็ง 20 ชั้น กรณี 2 ที่รับแรงแผ่นดินไหวจำลอง และน้ำหนักบรรทุกทุก
 หมายเหตุ แรงเค้น หน่วยเป็น ตัน



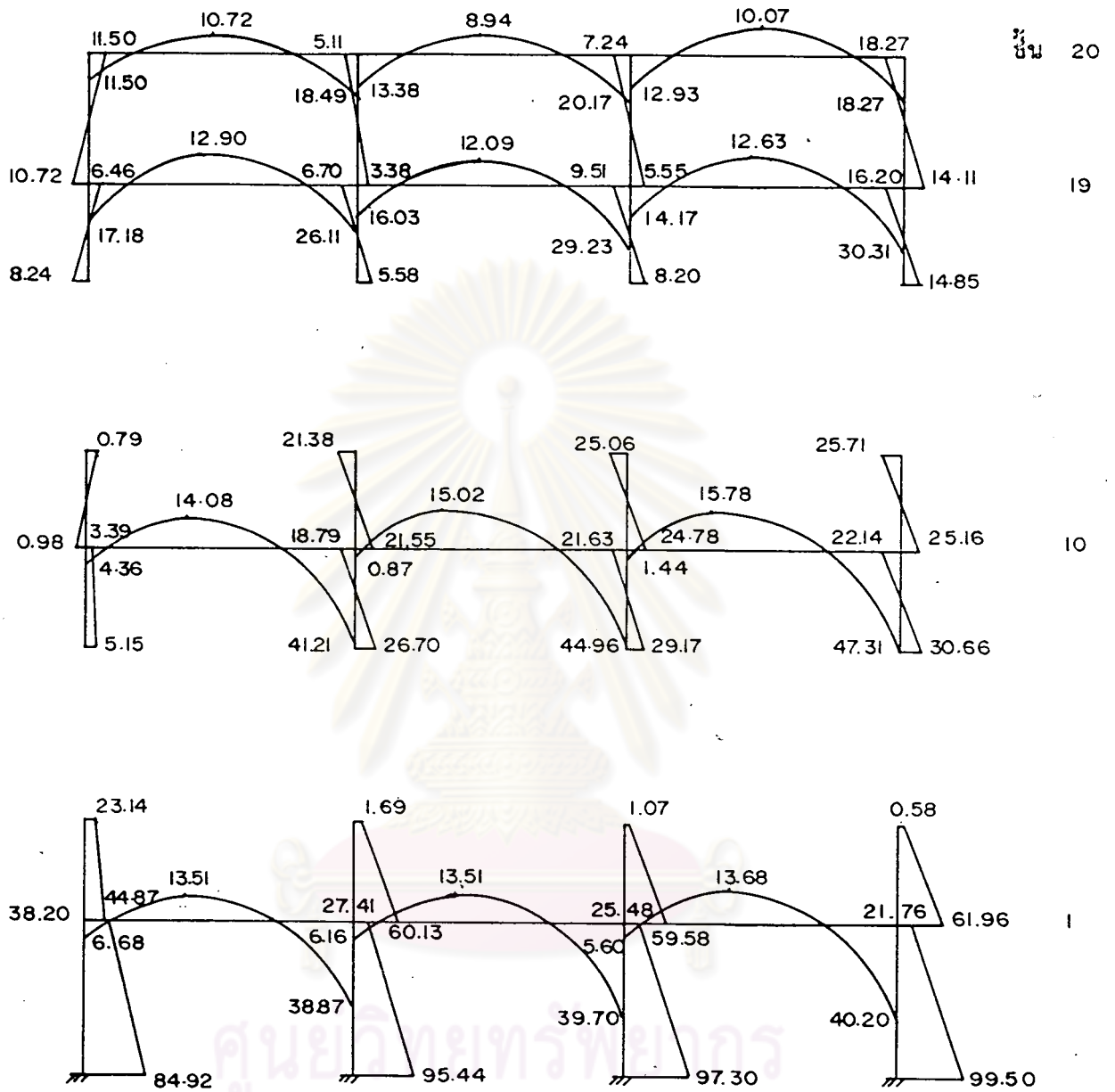
รูปที่ 4.23 โดอะแกรมโมเมนต์ ในโครงข้อแข็ง 20 ชั้น กรณี 1
 ที่รับแรงลม และ น้ำหนักบรรทุก
หมายเหตุ โมเมนต์ หน่วยเป็น ตัน-เมตร



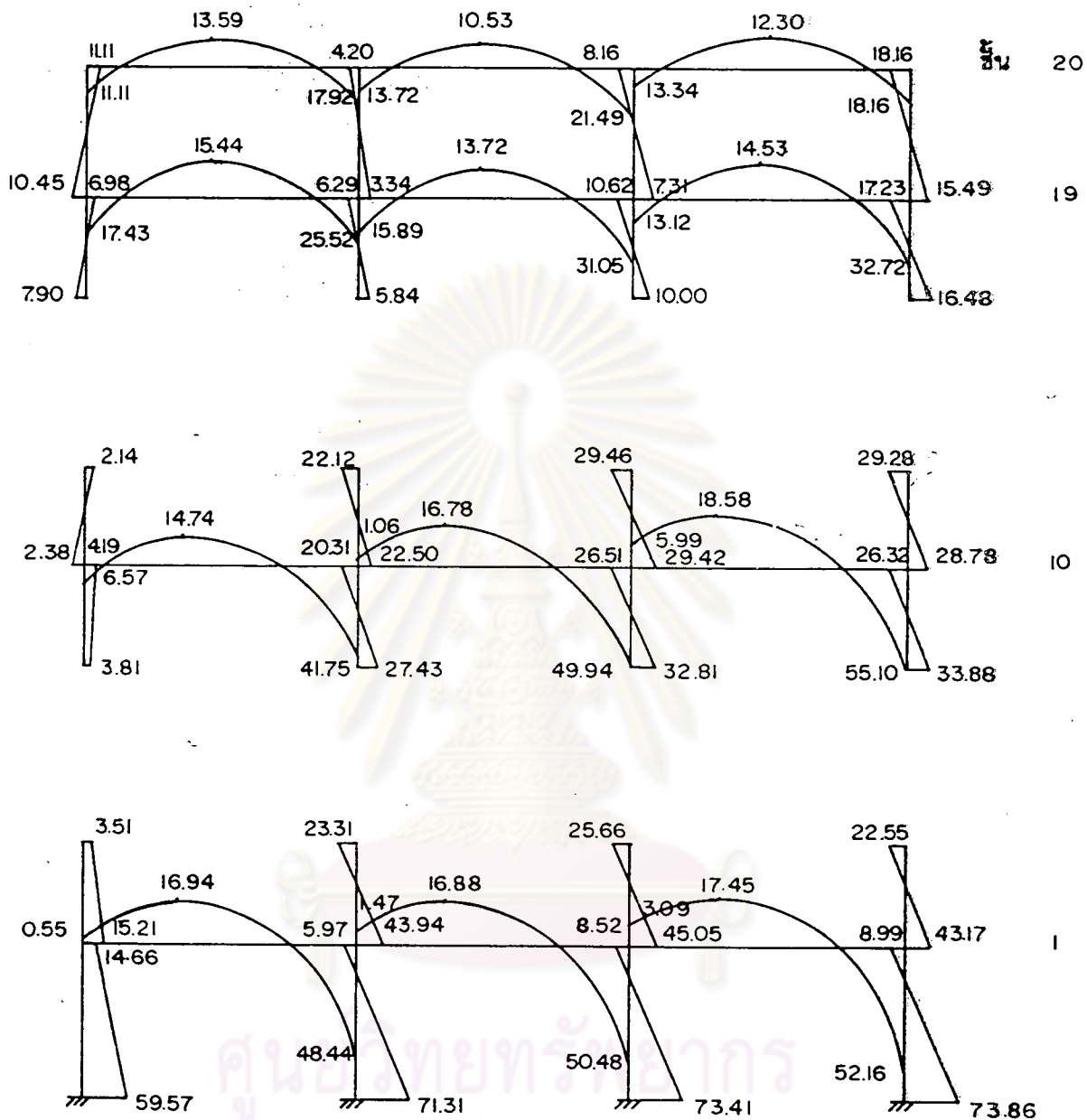
รูปที่ 4.24 โดอะแกรมโมเมนต์ ในโครงข้อแข็ง 20 ชั้น กรณี 2

ที่รับแรงลม และ น้ำหนักบรรทุก

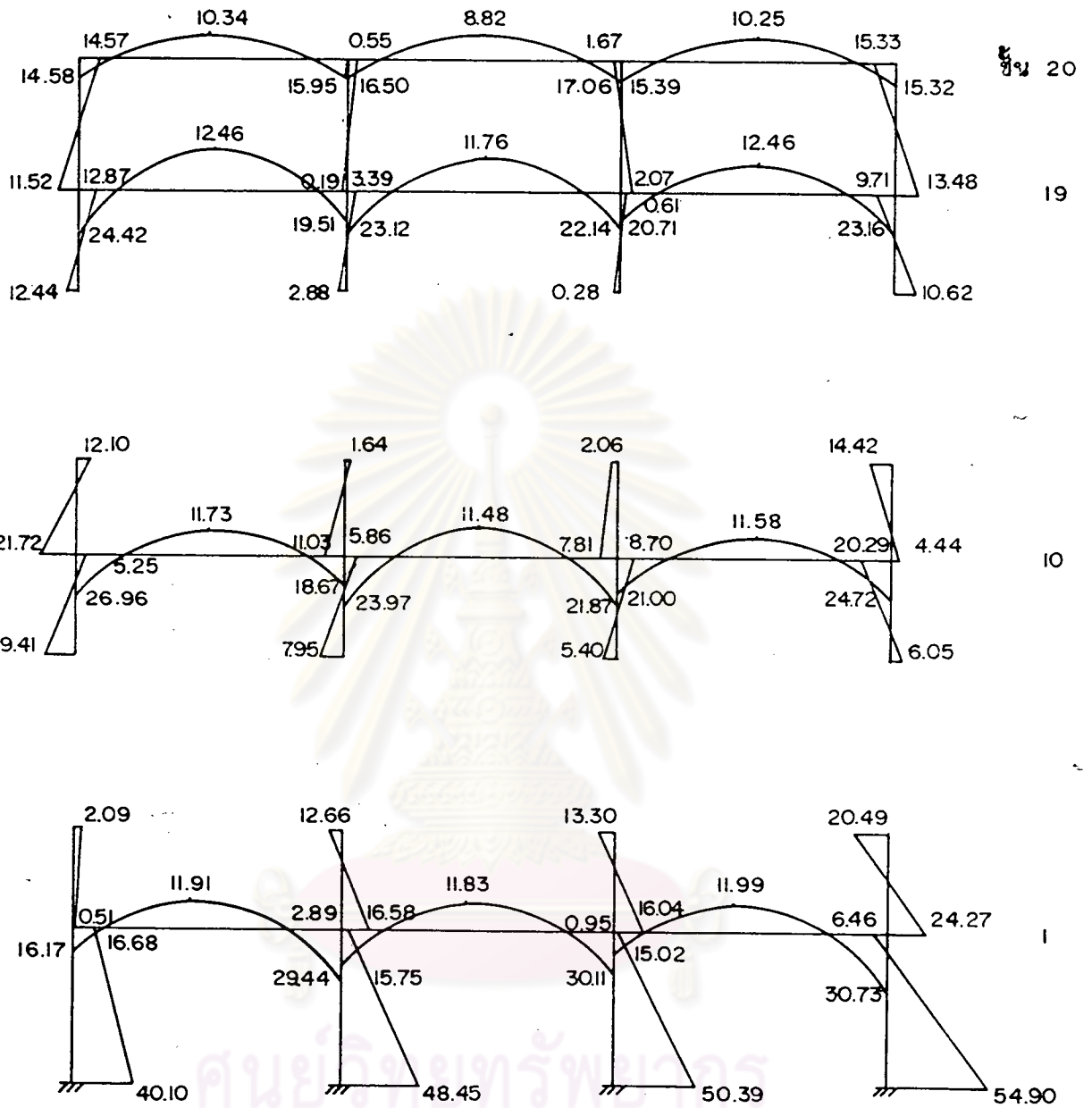
หมายเหตุ โมเมนต์ หน่วยเป็น ตัน - เมตร



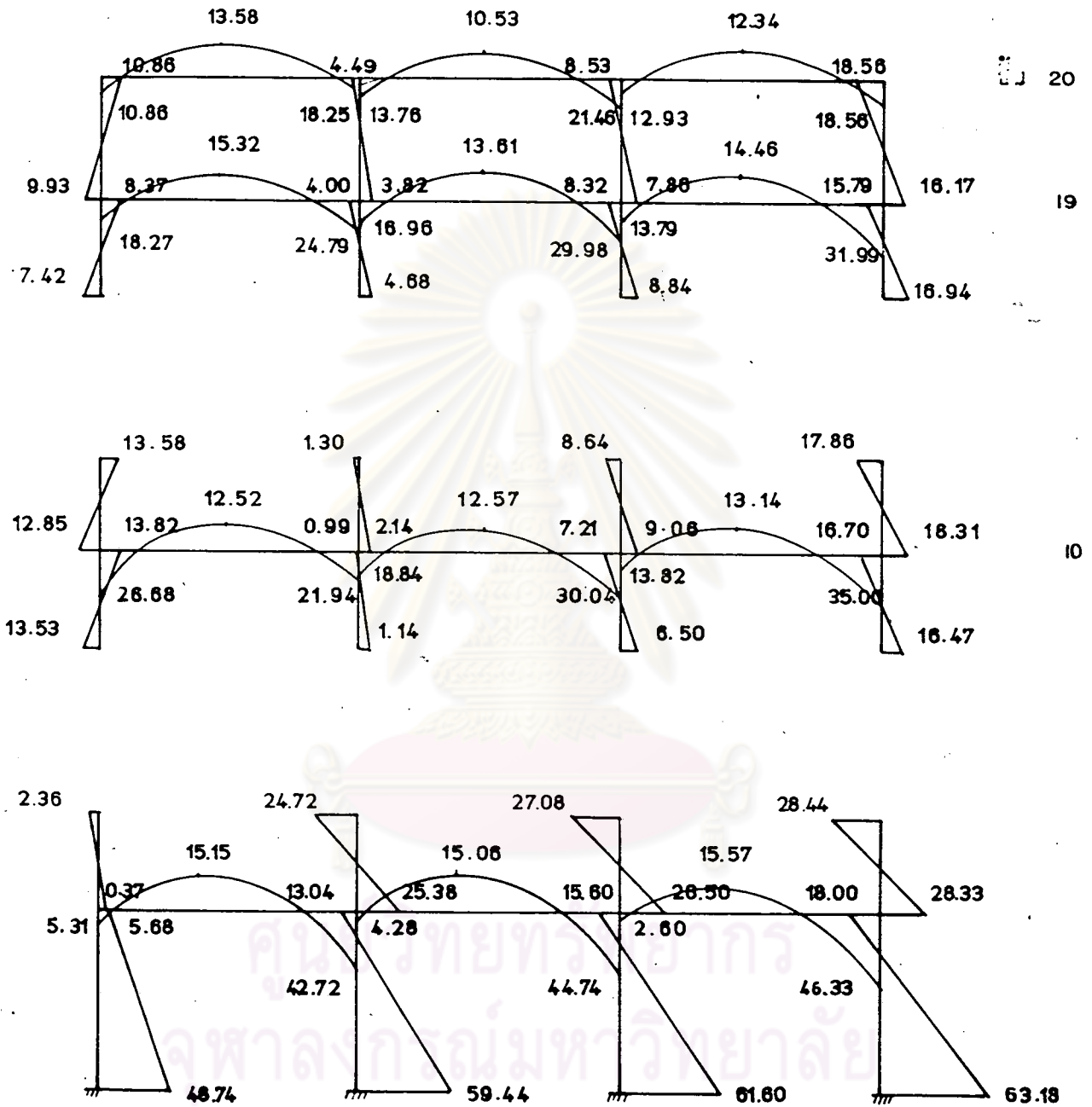
รูปที่ 4-25 โดอะแกรมโมเมนต์ในโครงข้อแข็ง 20 ชั้น กรณี 1 ที่รับแรงแผ่นดินไหว
 ตาม UBC และน้ำหนักบรรทุก
 หมายเหตุ โมเมนต์ หน่วยเป็น ตัน - เมตร



รูปที่ 4.26 โดอะแกรมโมเมนต์ในโครงข้อแข็ง 20 ชั้น กรณี 2 ที่รับแรงแผ่นดินไหวตาม UBC และน้ำหนักบรรทุก
หมายเหตุ โมเมนต์ หน่วยเป็น ตัน - เมตร



รูปที่ 4.27 โดอะแกรมโมเมนต์ ในโครงข้อแข็ง 20 ชั้น กรณี 1 ที่รับแรง
 แผ่นดินไหวจำลอง และ น้ำหนักบรรทุก
หมายเหตุ โมเมนต์ หน่วยเป็น ตัน-เมตร



รูปที่ 4-28 โดอะแกรมโมเมนต์ในโครงข้อแข็ง 20 ชั้น กรณี 2 ที่รับแรง
 แผ่นดินไหวจำลอง และ น้ำหนักบรรทุก
หมายเหตุ โมเมนต์ หน่วยเป็น ตัน-เมตร