

## บทที่ 6 สรุปผลการวิจัย

### 6.1 สรุปผลการเปรียบเทียบระหว่างข้อกำหนด กฟผ. กับข้อกำหนด UWO

ในการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างข้อกำหนด กฟผ. กับข้อกำหนด UWO โดยใช้กรณีศึกษาของเสาส่งไฟฟ้า DA1 ซึ่งเป็นโครงถัก 3 มิติ สูง 46.68 เมตร และมีความถี่ธรรมชาติ 2.1 เฮิรตส์ โดยพิจารณาเฉพาะกรณีที่ยังไม่ได้ติดตั้งสายส่งไฟฟ้า ได้ข้อสรุปดังนี้

6.1.1 แรงเฉือนตามข้อกำหนดของ กฟผ. จะต่ำกว่าข้อกำหนด UWO โดยวิธีละเอียดประมาณ 8% ในขณะที่โมเมนต์พื้นฐานต่ำกว่า 30% ทั้งนี้เนื่องจาก

ก.) รูปแบบของหน่วยแรงลมที่กระทำต่อเสาส่งไฟฟ้ากล่าวคือ ข้อกำหนด กฟผ. ใช้ค่าหน่วยแรงลมที่ระดับความสูงเฉลี่ยของเสาไฟฟ้ากระทำคงที่ตลอดทั้งเสาส่งไฟฟ้า ส่วนข้อกำหนด UWO ใช้หน่วยแรงลมที่แปรเปลี่ยนตามความสูงตามกฎการยกกำลัง ซึ่งยังผลให้ความแตกต่างของโมเมนต์มีค่ามากกว่าแรงเฉือน

ข.) ตัวคูณรูปร่างที่แตกต่างกัน คือ ข้อกำหนดของ กฟผ. ใช้ค่าตัวคูณรูปร่างรวมตลอดทั้งโครงสร้างเสาส่งไฟฟ้า คือ 2.9 ส่วนข้อกำหนด UWO แบ่งการพิจารณาเป็นช่วง ๆ ตามสัดส่วนความทึบของเสาส่งไฟฟ้าซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 2.00-3.63

ค.) ที่สภาวะประลัยข้อกำหนดของ กฟผ. ใช้ตัวคูณน้ำหนักบรรทุกเท่ากับ 1.30 ส่วนข้อกำหนด UWO ใช้ตัวคูณน้ำหนักบรรทุกเท่ากับ 1.40

6.1.2 สำหรับแรงภายในพบว่าข้อกำหนด UWO โดยวิธีละเอียด จะให้ค่าที่สูงกว่าข้อกำหนด กฟผ. กล่าวคือ แรงภายในชิ้นส่วนหลักจะมากกว่าประมาณ 33% ส่วนชิ้นส่วนทแยงจะมากกว่าประมาณ 13%

6.1.3 ผลการวิเคราะห์โดยวิธีแพตช์โหลด ซึ่งคำนึงผลการกระชากของลมที่ไม่สัมพันธ์กัน พบว่าวิธีแพตช์โหลดจะให้แรงภายในชิ้นส่วน, แรงเฉือน และโมเมนต์มากกว่าวิธีละเอียดประมาณ 10%-20% แสดงว่าผลการกระชากของลมที่ไม่สัมพันธ์มีผลต่อเสาส่งกรณีศึกษาไม่มากนัก

6.1.4 การวิเคราะห์ทางสถิตยศาสตร์แบบไม่เชิงเส้นทางเรขาคณิตที่สภาวะใช้งาน ให้ค่าหน่วยแรงภายใน ในบางชิ้นส่วนเพิ่มขึ้นเล็กน้อยประมาณ 5% เมื่อเทียบกับการวิเคราะห์แบบเชิงเส้น ทั้งนี้เนื่องจากการเปลี่ยนรูปที่เกิดขึ้นมีค่าน้อยมากภายใต้แรงลมกระทำที่สภาวะใช้งาน

## 6.2 สรุปการเปรียบเทียบระหว่างผลสถิตยศาสตร์และพลศาสตร์

ในการศึกษาเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์สถิตยศาสตร์และพลศาสตร์ได้ข้อสรุปดังนี้

6.2.1 การวิเคราะห์ผลทางพลศาสตร์โดยใช้ข้อมูลจากมิซิกแกน พบว่าให้ค่าตัวคูณผลพลศาสตร์น้อยกว่าข้อกำหนด UWO โดยวิธีละเอียด ประมาณ 30% อย่างไรก็ตามไม่สามารถสรุปผลได้ชัดเจน เนื่องจากไม่มีข้อมูลของความหนาแน่นของสเปกตรัมพลังงานของแหล่งลมดังกล่าว

6.2.2 การวิเคราะห์แบบโหมดแรกกับแบบรวมโหมดทุกโหมด พบว่าแรงภายในชิ้นส่วนที่แยงจากการวิเคราะห์แบบรวมโหมดจะให้ค่าที่สูงกว่าประมาณ 1-6 เท่า ส่วนในชิ้นส่วนหลักการวิเคราะห์แบบรวมโหมดจะสูงกว่าประมาณ 10-30% ดังนั้นในการวิเคราะห์ผลทางพลศาสตร์สำหรับเสาสายส่งไฟฟ้าอย่างน้อยจะต้องพิจารณาผลของโหมดที่ 2 รวมด้วย ซึ่งผลรวมถึงโหมดที่ 2 มีค่าน้อยกว่าแบบรวมโหมดประมาณ 5-15% เท่านั้น

6.2.3 จากการวิเคราะห์ทางพลศาสตร์ในงานวิจัยที่ใช้ข้อมูลลมจากการทดสอบในอุโมงค์ลม พบว่าให้ตัวคูณพลศาสตร์ซึ่งพิจารณาผลจากแรงเฉือนที่ฐานมีค่าเท่ากับ 3.40 ส่วนข้อกำหนด UWO ให้ค่าเท่ากับ 2.00 ซึ่งแตกต่างกันค่อนข้างมากประมาณ 70% สาเหตุของความแตกต่างกันมากนี้มาจาก

ก. ลักษณะลมที่จำลองได้ในอุโมงค์ลมอาจจะคลาดเคลื่อนจากสภาพลมธรรมชาติ โดยพบว่าค่าความถี่ที่จุดสูงสุดของความหนาแน่นของสเปกตรัมพลังงานในงานวิจัยย้ายไปด้านความถี่สูง

เล็กน้อย เข้าใกล้ค่าความถี่ธรรมชาติของเสาสูงมากขึ้น เมื่อเทียบกับความหนาแน่นของสเปกตรัมพลังงานของ Mellbourne (1982) ส่งผลให้โครงสร้างมีการตอบสนองสูงขึ้น

ข. งานวิจัยพิจารณาค่าการตอบสนองสูงสุดจากความเร็วลมหนึ่งเหตุการณ์ แต่ข้อกำหนด UWO พิจารณาจากค่าเฉลี่ยของค่าสูงสุดจากเหตุการณ์จำนวนมาก โดยใช้ทฤษฎีความน่าจะเป็น

6.2.4 ผลจากการวิเคราะห์ทางพลศาสตร์ซึ่งพิจารณา ผลการกระชอกของลมที่ไม่สัมพันธ์กันให้ค่าแรงภายใน, แรงเฉือนและโมเมนต์พื้นฐานเพิ่มขึ้นประมาณ 10-30% เทียบกับการวิเคราะห์พลศาสตร์ ซึ่งพิจารณาฟังก์ชันการแปรเปลี่ยนตามเวลาเหมือนกันตลอดทั้งเสาสูง แสดงว่าผลการกระชอกของลมที่ไม่สัมพันธ์กันมีผลพอสมควร



ศูนย์วิทยพักร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.1 ค่า  $\alpha$  และ  $Z_g$  สำหรับภูมิภาคประเทศแบบต่าง ๆ (NBC,1990)

แบบที่	ภูมิภาคประเทศ	$\alpha$	$Z_g$ (m)
1.	ผิวน้ำเปิดโล่ง	1 / 10	215
2.	ผิวดินเปิดโล่ง	1 / 7	395
3.	ชานเมืองหรือตัวเมืองขนาดเล็ก	1 / 5	365
4.	ตัวเมืองใหญ่	1 / 3	457

ตารางที่ 3.1 ค่าคงที่  $K$ , สำหรับคาบการกลับ  $t$  ปี เมื่อคิดจากสถิติ  $t_0$  ปี (Weiss, 1955)

คาบการกลับ (ปี)	สถิติ 10 ปี	สถิติ 15 ปี	สถิติ 20 ปี	สถิติ 30 ปี	สถิติ 100 ปี
2	-0.14	-0.14	-0.15	-0.15	-0.16
5	1.05	0.97	0.92	0.87	0.78
10	1.83	1.70	1.62	1.54	1.40
25	2.82	2.63	2.52	2.39	2.19
50	3.56	3.32	3.18	3.03	2.76
100	4.29	4.00	3.84	3.65	3.35

ตารางที่ 3.2 ความสูงเกรเดียนท์ ( $Z_G$ ) และดัชนียกกำลัง ( $\alpha$ ) ตามสภาพพื้นผิว ตามข้อกำหนดใหม่ที่เสนอโดยมหาวิทยาลัยเวสเทิร์นออนตาริโอ (BLWTL,UWO,Canada, 1995)

รูปแบบ	สภาพภูมิประเทศ	ความสูงเกรเดียนท์ ( $Z_G$ ) (เมตร)	ดัชนียกกำลัง $\alpha$
A	พื้นน้ำโล่ง (Open Water)	250	0.10
B	พื้นผิวโล่ง (Open Country)	300	0.14
C	ชนบท (Suburban)	350	0.25
D	ในเมือง (Urban)	400	0.36

ตารางที่ 3.3 ค่าปรับแก้หน่วยแรงดันลมที่เวลาเฉลี่ยอื่น ๆ เป็นที่เวลาเฉลี่ยใน 1 ชั่วโมง

เวลาเฉลี่ยในการวัดความเร็วลม	ตัวคูณปรับแก้หน่วยแรงดันลม
1 ชั่วโมง	1.00
10 นาที	1.08
1 นาที	1.56
3 วินาที	2.51
1 วินาที	3.00

ตารางที่ 3.4 ค่าปรับแก้หน่วยแรงดันลมให้มีคาบการกลับที่ 50 ปี

คาบการกลับ	ตัวคูณปรับแก้	
	ลมทั่วไป	ลมพายุไต้ฝุ่น
10	0.59	0.48
30	0.86	0.81
50	1.00	1.00
100	1.21	1.28
200	1.43	1.61
500	1.76	2.08
1000	2.03	2.48

ตารางที่ 3.5 ตัวคูณลดความเร็วลมอ้างอิงในทิศทางต่าง ๆ

ทิศทางลมเทียบกับ แนวตั้งฉากสายไฟฟ้า (องศา)	ตัวคูณลด	
	ลมทั่วไป	ลมพายุไต้ฝุ่น
0	1.00	0.85
30 - 110	0.85	0.85
150 - 180	1.00	0.85

ตารางที่ 3.6 ค่าระยะความขรุขระ, สเกลแฟคเตอร์และดัชนียกกำลังสำหรับภูมิประเทศต่าง ๆ

ชนิด	สภาพภูมิประเทศ	ระยะความขรุขระ $z_0$ ( เมตร )	ดัชนียกกำลัง $\alpha$	สเกลแฟคเตอร์ B
A	พื้นน้ำโล่ง ( Open Water )	0.003	0.10	1.36
B	พื้นผิวโล่ง ( Open Country )	0.030	0.14	1.00
C	ชนบท ( Suburban )	0.300	0.25	0.44
D	ในเมือง ( Urban )	3.000	0.36	0.18

ตารางที่ 3.7 ค่าตัวคูณรูปร่างโดยรวมสำหรับเสาโครงถัก ( $C_{shp}^*$ )

ค่าสัดส่วนความทึบ $\phi$	ตัวคูณรูปร่าง ( $C_{shp}^*$ )	
	โครงสร้างหน้าตัดสี่เหลี่ยม	โครงสร้างหน้าตัดสามเหลี่ยม
< 0.025	4.0	3.6
0.025 - 0.440	4.1 - 5.2 $\phi$	3.7 - 4.5 $\phi$
0.450 - 0.690	1.8	1.7
0.700 - 1.000	1.3 - 0.7 $\phi$	1.0 - $\phi$

ตารางที่ 4.1 ผลของการวิเคราะห์แบบไม่เชิงเส้น

รูปแบบ	แฟคเตอร์น้ำหนักบรรทุกไร้เสถียรภาพ (Instability load factor)	
	ทิศทางตั้งฉากกับสายส่ง	ทิศทางขนานกับสายส่ง
1	2.00	1.37
2	1.67	1.37

หมายเหตุ

- (1) คือ ชั้นส่วนหลักเป็นคานและชั้นส่วนทแยงเป็นโครงถัก
- (2) คือ สมมุติฐานที่ใช้ในงานวิจัย

ตารางที่ 4.2 เปรียบเทียบขั้นตอนและรูปแบบการวิเคราะห์ระหว่าง กฟผ และ UWO สำหรับเสาสูง  
ไฟฟ้า DA 1

	ข้อกำหนด กฟผ	ข้อกำหนด UWO
1.) ความเร็วลมอ้างอิง ที่ความสูง 10 เมตร	35.7 เมตรต่อวินาที (เฉลี่ยใน 10 นาที เทียบเท่า 34.4 เมตรต่อวินาทีเฉลี่ยใน 1 ชั่วโมง)	31.7 เมตรต่อวินาที (เฉลี่ยใน 1 ชั่วโมง)
2.) ดัชนียกกำลัง (พื้นผิวโล่ง)	1/7	0.14
3.) ความเร็วลมกระโชก ที่ระดับ กึ่งกลางของเสาสูง(22เมตร) (2 วินาที)	$1.3 \cdot 35.7 (22/10)^{1/7}$ = 51.94 เมตร/วินาที	---
4.) แรงดันลม (กิโลกรัมต่อตารางเมตร)	$\bar{q} = 1/2 \rho v_h^2 = 1/2 \cdot 1.225/9.81 \cdot 51.9^2$ = 169 (แรงดันลมที่คำนวณจากความ เร็วลมที่ระดับกึ่งกลางเสาสูงและ สมมุติให้คงที่ตลอดความสูงเสาสูง)	$q_{ref} = 1/2 \rho v_{10}^2$ = $1/2 \cdot 1.225/9.81 \cdot 31.7^2$ = 62.7 (แรงดันลมอ้างอิง) แรงดันลมที่ระดับอื่นๆแปลงโดย ใช้กฎยกกำลัง
5.) ตัวคูณรูปร่าง $C_D$ หรือ $C_{shp}$	2.9 คงที่ตลอดความสูงของเสาสูง	2.0-3.6 ขึ้นกับสัดส่วนความทึบของเสาสูง
6.) ตัวคูณผลพลศาสตร์ $C_{dyn}$	---	1.90
7.) ตัวคูณน้ำหนักในการคำนวณ แรงที่สภาวะประลัย (LF)	1.30	1.40
8.) สูตรหาหน่วยแรงดันลม ในสภาวะประลัย	$q_u = \bar{q} C_D LF$	$W_u = q_{ref} C_{exp} C_{shp} C_{dyn} LF$



ตารางที่ 5.1ก แรงลม (กก.) ที่กระทำต่อโครงสร้างเสาสูงในทิศทางตั้งฉากกับแนวสายไฟฟ้า  
ตามข้อกำหนดใหม่ของมหาวิทยาลัยเวสเทิร์นออนตารีโอ  
แหล่งลมจากภาคใต้ของประเทศไทย วิเคราะห์โดยวิธีละเอียด

ช่วง	H (m.)	$q_{ref}$ (kg/m <sup>2</sup> )	$C_{exp}$	$C^*_{shp}$	$C_{dyn}$	W (kg/m <sup>2</sup> )	A (m <sup>2</sup> )	$\emptyset$	F (kg)
1	44.40	62.74	1.518	2.00	1.90	361.9	2.74	1.00	992
2	40.50	62.74	1.479	3.16	1.90	557.3	6.89	0.18	691
3	37.50	62.74	1.448	2.00	1.90	345.2	1.81	1.00	625
4	34.50	62.74	1.414	2.96	1.90	499.1	6.89	0.22	757
5	31.50	62.74	1.379	2.00	1.90	328.8	1.81	1.00	595
6	20.20	62.74	1.218	3.42	1.90	496.4	77.30	0.13	4988
7	4.75	62.74	0.812	3.63	1.90	351.3	44.3	0.09	1401

ตารางที่ 5.1ข แรงลม (กก.) ที่กระทำต่อโครงสร้างเสาสูงในทิศทางขนานกับแนวสายไฟฟ้า  
ตามข้อกำหนดใหม่ของมหาวิทยาลัยเวสเทิร์นออนตารีโอ  
แหล่งลมจากภาคใต้ของประเทศไทย วิเคราะห์โดยวิธีละเอียด

ช่วง	H (m.)	$q_{ref}$ (kg/m <sup>2</sup> )	$C_{exp}$	$C^*_{shp}$	$C_{dyn}$	W (kg/m <sup>2</sup> )	A (m <sup>2</sup> )	$\emptyset$	F (kg)
1	44.40	62.74	1.518	2.96	1.90	535.6	12.06	0.22	1421
2	40.50	62.74	1.479	2.96	1.90	522.0	6.89	0.22	791
3	37.50	62.74	1.448	2.96	1.90	510.9	6.28	0.22	706
4	34.50	62.74	1.414	2.96	1.90	499.1	6.89	0.22	757
5	31.50	62.74	1.379	2.96	1.90	486.6	6.66	0.22	713
6	20.20	62.74	1.218	3.42	1.90	496.4	77.30	0.13	4988
7	4.75	62.74	0.812	3.63	1.90	351.3	44.3	0.09	1401

ตารางที่ 5.2ก แรงลมเฉลี่ยแพตซ์โหลด (กก.) ที่กระทำต่อโครงสร้างเสาสูงในทิศทางตั้งฉากกับแนวสายไฟฟ้า ตามข้อกำหนดใหม่ของมหาวิทยาลัยเวสเทิร์นออนตาริโอ แหล่งลมจากภาคใต้ของประเทศไทย; วิเคราะห์โดยวิธีแพตซ์โหลด

ช่วง	H (m.)	$q_{ref}$ (kg/m <sup>2</sup> )	$C_{exp}$	$C^*_{shp}$	W (kg/m <sup>2</sup> )	A (m <sup>2</sup> )	Ø	F (kg)
1	44.40	62.74	1.518	2.00	190.5	2.74	1.00	522
2	40.50	62.74	1.479	3.16	293.3	6.89	0.18	364
3	37.50	62.74	1.448	2.00	181.7	1.81	1.00	329
4	34.50	62.74	1.414	2.96	262.7	6.89	0.22	398
5	31.50	62.74	1.379	2.00	173.0	1.81	1.00	313
6	20.20	62.74	1.218	3.42	261.3	77.30	0.13	2625
7	4.75	62.74	0.812	3.63	184.9	44.3	0.09	737

ตารางที่ 5.2ข แรงลมเฉลี่ยของแพตซ์โหลด (กก.) ที่กระทำต่อโครงสร้างเสาสูงในทิศทางขนานกับแนวสายไฟฟ้า ตามข้อกำหนดใหม่ของมหาวิทยาลัยเวสเทิร์นออนตาริโอ แหล่งลมจากภาคใต้ของประเทศไทย; วิเคราะห์โดยวิธีแพตซ์โหลด

ช่วง	H (m.)	$q_{ref}$ (kg/m <sup>2</sup> )	$C_{exp}$	$C^*_{shp}$	W (kg/m <sup>2</sup> )	A (m <sup>2</sup> )	Ø	F (kg)
1	44.40	62.74	1.518	2.96	281.9	12.06	0.22	748
2	40.50	62.74	1.479	2.96	274.7	6.89	0.22	416
3	37.50	62.74	1.448	2.96	268.9	6.28	0.22	371
4	34.50	62.74	1.414	2.96	262.7	6.89	0.22	398
5	31.50	62.74	1.379	2.96	256.1	6.66	0.22	375
6	20.20	62.74	1.218	3.42	261.3	77.30	0.13	2625
7	4.75	62.74	0.812	3.63	184.9	44.3	0.09	737

ตารางที่ 5.3.ก แรงลมแพตซ์โหลด (กก.) ที่กระทำต่อโครงสร้างเสาสูงในทิศทางตั้งฉาก  
กับแนวสายไฟฟ้า ตามข้อกำหนดใหม่ของมหาวิทยาลัยเวสเทิร์นออนตารีโอ  
แหล่งลมจากภาคใต้ของประเทศไทย ; วิเคราะห์โดยวิธีแพตซ์โหลด

ช่วง	H (m.)	แรงเฉลี่ย (กก.)	ชุดแพตซ์โหลด ( กก. )			
			1	2	3	4
1	44.40	522	453	0	425	0
2	40.50	364	324	0	304	0
3	37.50	329	299	0	281	0
4	34.50	398	371	0	348	0
5	31.50	313	246	142	281	0
6	20.20	2625	0	2196	1912	514
7	4.75	737	0	925	0	762

ตารางที่ 5.3ข แรงลมแพตซ์โหลด (กก.) ที่กระทำต่อโครงสร้างเสาสูงในทิศทางขนาน  
กับแนวสายไฟฟ้า ตามข้อกำหนดใหม่ของมหาวิทยาลัยเวสเทิร์นออนตารีโอ  
แหล่งลมจากภาคใต้ของประเทศไทย; วิเคราะห์โดยวิธีแพตซ์โหลด

ช่วง	H (m.)	แรงเฉลี่ย (กก.)	ชุดแพตซ์โหลด ( กก. )			
			1	2	3	4
1	44.40	748	649	0	609	0
2	40.50	416	371	0	348	0
3	37.50	371	338	0	317	0
4	34.50	398	371	0	348	0
5	31.50	375	295	170	337	0
6	20.20	2625	0	2196	1912	514
7	4.75	737	0	925	0	762

ตารางที่ 5.4ก แรงลม (กก.) ที่กระทำต่อโครงสร้างเสาสูงในทิศทางตั้งฉากกับแนวสายไฟฟ้า  
ตามข้อกำหนดใหม่ของมหาวิทยาลัยเวสเทิร์นออนตาริโอ  
แหล่งลมจาก มิชิแกน,1931 วิเคราะห์โดยวิธีละเอียด

ช่วง	H (m)	$C_{exp}$	$C_{shp}^*$	$C_{dyn}$	W (Kg/m <sup>2</sup> )	A (m <sup>2</sup> )	Ø	F (kg)
1	44.40	1.518	2.00	1.80	34.12	2.740	1.00	93.5
2	40.50	1.479	3.16	1.80	52.54	6.890	0.18	65.2
3	37.50	1.448	2.00	1.80	32.55	1.810	1.00	58.9
4	34.50	1.414	2.96	1.80	47.06	6.890	0.22	71.3
5	31.50	1.379	2.00	1.80	31.00	1.810	1.00	56.1
6	20.20	1.218	3.42	1.80	46.80	77.300	0.13	470.3
7	4.75	0.812	3.63	1.80	33.12	44.300	0.09	132.1

ตารางที่ 5.4ข แรงลม (กก.) ที่กระทำต่อโครงสร้างเสาสูงในทิศทางขนานกับแนวสายไฟฟ้า  
ตามข้อกำหนดใหม่ของมหาวิทยาลัยเวสเทิร์นออนตาริโอ  
แหล่งลมจาก มิชิแกน,1931 วิเคราะห์โดยวิธีละเอียด

ช่วง	h (m)	$C_{exp}$	$C_{shp}^*$	$C_{dyn}$	W (Kg/m <sup>2</sup> )	A (m <sup>2</sup> )	Ø	F (kg)
1	44.40	1.518	2.96	1.80	50.50	12.060	0.22	134.0
2	40.50	1.479	2.96	1.80	49.22	6.890	0.22	74.6
3	37.50	1.448	2.96	1.80	48.17	6.280	0.22	66.5
4	34.50	1.414	2.96	1.80	47.06	6.890	0.22	71.3
5	31.50	1.379	2.96	1.80	45.87	6.660	0.22	67.2
6	20.20	1.218	3.42	1.80	46.80	77.300	0.13	470.3
7	4.75	0.812	3.63	1.80	33.12	44.300	0.09	132.1

ตารางที่ 5.5ก แรงลมเฉลี่ยแพตซ์โหลด (กก.) ที่กระทำต่อโครงสร้างเสาสูงในทิศทางตั้งฉากกับแนวสายไฟฟ้า ตามข้อกำหนดใหม่ของมหาวิทยาลัยเวสเทิร์นออนตาริโอ แหล่งลมจาก มิชิแกน,1931 ; วิเคราะห์โดยวิธีแพตซ์โหลด

ช่วง	h (m)	$q_{ref}$ (Kg/m <sup>2</sup> )	$C_{exp}$	$C^*_{shp}$	W (Kg/m <sup>2</sup> )	A (m <sup>2</sup> )	$\emptyset$	F (kg)
1	44.40	6.24	1.518	2.00	18.96	2.740	1.00	51.9
2	40.50	6.24	1.479	3.16	29.19	6.890	0.18	36.2
3	37.50	6.24	1.448	2.00	18.08	1.810	1.00	32.7
4	34.50	6.24	1.414	2.96	26.14	6.890	0.22	39.6
5	31.50	6.24	1.379	2.00	17.22	1.810	1.00	31.2
6	20.20	6.24	1.218	3.42	26.00	77.300	0.13	261.3
7	4.75	6.24	0.812	3.63	18.40	44.300	0.09	73.4

ตารางที่ 5.5ข แรงลมเฉลี่ยของแพตซ์โหลด (กก.) ที่กระทำต่อโครงสร้างเสาสูงในทิศทางขนานกับแนวสายไฟฟ้า ตามข้อกำหนดใหม่ของมหาวิทยาลัยเวสเทิร์นออนตาริโอ แหล่งลมจาก มิชิแกน,1931 ;วิเคราะห์โดยวิธีแพตซ์โหลด

ช่วง	h (m)	$q_{ref}$ (Kg/m <sup>2</sup> )	$C_{exp}$	$C^*_{shp}$	W (Kg/m <sup>2</sup> )	A (m <sup>2</sup> )	$\emptyset$	F (kg)
1	44.40	6.24	1.518	2.96	28.06	12.060	0.22	74.4
2	40.50	6.24	1.479	2.96	27.34	6.890	0.22	41.4
3	37.50	6.24	1.448	2.96	26.76	6.280	0.22	37.0
4	34.50	6.24	1.414	2.96	26.14	6.890	0.22	39.6
5	31.50	6.24	1.379	2.96	25.48	6.660	0.22	37.3
6	20.20	6.24	1.218	3.42	26.00	77.300	0.13	261.3
7	4.75	6.24	0.812	3.63	18.40	44.300	0.09	73.4

ตารางที่ 5.6ก แรงลมแพตซ์โหลด (กก.) ที่กระทำต่อโครงสร้างเสาสูงในทิศทางตั้งฉาก  
กับแนวสายไฟฟ้า ตามข้อกำหนดใหม่ของมหาวิทยาลัยเวสเทิร์นออนตาริโอ  
แหล่งลมจาก มิชิแกน,1931 ; วิเคราะห์โดยวิธีแพตซ์โหลด)

ช่วง	ความสูง ( เมตร )	แรงเฉลี่ย ( กก. )	แรงแพตซ์โหลด ( กก. )			
			1	2	3	4
1	44.4	52	60	0	56	0
2	40.5	36	43	0	40	0
3	37.5	33	39	0	37	0
4	34.5	40	49	0	46	0
5	31.5	31	33	19	37	0
6	20.2	261	0	290	253	68
7	4.75	73	0	122	0	101
รวม		526	224	431	469	169

ตารางที่ 5.6ข แรงลมแพตซ์โหลด (กก.) ที่กระทำต่อโครงสร้างเสาสูงในทิศทางขนาน  
กับแนวสายไฟฟ้า ตามข้อกำหนดใหม่ของมหาวิทยาลัยเวสเทิร์นออนตาริโอ  
แหล่งลมจาก มิชิแกน,1931 ; วิเคราะห์โดยวิธีแพตซ์โหลด)

ช่วง	ความสูง ( เมตร )	แรงเฉลี่ย ( กก. )	แรงแพตซ์โหลด ( กก. )			
			1	2	3	4
1	44.4	74	88	0	83	0
2	40.5	41	40	0	38	0
3	37.5	37	58	0	55	0
4	34.5	40	49	0	46	0
5	31.5	37	48	28	55	0
6	20.2	261	0	290	253	68
7	4.75	73	0	122	0	101
รวม		564	284	440	529	168

ตารางที่ 5.7ก แรงภายใน (กก.) ที่เกิดจากแรงลมที่กระทำต่อโครงสร้างเสาสูงในทิศทางตั้งฉาก  
กับแนวสายไฟฟ้า ตามข้อกำหนดใหม่ของมหาวิทยาลัยเวสเทิร์นออนตาริโอ  
และข้อกำหนดของการไฟฟ้าแห่งประเทศไทย  
แหล่งลมจากภาคใต้ของประเทศไทย

ชิ้นส่วน	(1) วิธี กฟผ	(2) วิธีละเอียด UWO	(3) 1.3*(1)	(4) 1.4*(2)	(5) (4)/(3)
F3AT	651	738	846	1033	1.22
F2T	1093	1345	1421	1883	1.32
F1T	1155	1270	1502	1478	1.18
P9T	3044	2308	3957	3231	0.82
F3A	8476	12296	11019	17214	1.56
F2	8477	12297	11020	17210	1.56
F1	10344	14461	13447	20245	1.51
P9	10338	14461	13440	20245	1.51
STUB	13280	16686	17263	23361	1.35
SHEAR	9984	10047	12979	14066	1.08
OTM	202683	253523	263488	334932	1.34

หมายเหตุ -ข้อกำหนด กฟผ ให้ความเร็วลมพื้นฐานเท่ากับ 35.7 เมตรต่อวินาทีเฉลี่ยใน 10 นาที

-ข้อกำหนด UWO ใช้ความเร็วลมพื้นฐานเท่ากับ 31.7 เมตรต่อวินาที เฉลี่ยใน 1 ชั่วโมง

- (1), (2) พิจารณาที่สภาวะใช้งาน  
(3), (4) พิจารณาที่สภาวะประลัย  
STUB คือ เสาต้นเหนือฐาน (กก)  
SHEAR คือ แรงเฉือนที่ฐาน (กก)  
OTM คือ โมเมนต์ที่ฐาน (กก.ม)

ตารางที่ 5.7x แรงภายใน (กก) ที่เกิดจากแรงลมที่กระทำต่อโครงสร้างเสาสูงในทิศทางขนาน  
กับแนวสายไฟฟ้า ตามข้อกำหนดใหม่ของมหาวิทยาลัยเวสเทิร์นออนตาริโอ  
และข้อกำหนดของการไฟฟ้าแห่งประเทศไทย  
แหล่งลมจากภาคใต้ของประเทศไทย

ชิ้นส่วน	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	วิธี กฟผ	วิธีละเอียด UWO	1.3*(1)	1.4*(2)	(4)/(3)
F3AL	889	977	1155	1367	1.18
F2L	957	1203	1244	1684	1.35
F1L	1055	1165	1372	1630	1.19
P9L	2897	2155	3766	3016	0.80
F3A	14037	15120	18248	21168	1.16
F2	14038	15122	18250	21171	1.16
F1	15408	16714	20030	23400	1.17
P9	15398	16716	20018	23403	1.17
STUB	18331	18996	23830	26595	1.11
SHEAR	11828	10777	15376	15088	0.98
OTM	279465	288768	363304	404275	1.11

หมายเหตุ -ข้อกำหนด กฟผ ให้ความเร็วลมพื้นฐานเท่ากับ 35.7 เมตรต่อวินาทีเฉลี่ยใน 10 นาที  
-ข้อกำหนด UWO ใช้ความเร็วลมพื้นฐานเท่ากับ 31.7 เมตรต่อวินาที เฉลี่ยใน 1 ชั่วโมง

(1), (2) พิจารณาที่สภาวะใช้งาน  
(3), (4) พิจารณาที่สภาวะประลัย  
STUB คือ เสาสั้นเหนือฐาน (กก)  
SHEAR คือ แรงเฉือนที่ฐาน (กก)  
OTM คือ โมเมนต์ที่ฐาน (กก.ม)



ตารางที่ 5.8ก แรงภายใน (กก) ที่เกิดจากแรงลมที่กระทำต่อโครงสร้างเสาสูงในทิศทางตั้งฉากกับแนวสายไฟฟ้า ตามข้อกำหนดใหม่ของมหาวิทยาลัยเวสเทิร์นออนตาริโอ แหล่งลมจาก มิชิแกน, 1931

ชิ้นส่วน	(1) วิธีละเอียด	(2) แพดซ์โหลด	(3)  (2)/(1)
F3AT	70	79	1.13
F2T	127	142	1.12
F1T	120	137	1.14
P9T	218	250	1.15
F3A	1166	1186	1.02
F2	1166	1186	1.02
F1	1358	1320	0.97
P9	1358	1320	0.97
STUB	1578	1664	1.05
SHEAR	947	995	1.05
OTM	23980	25256	1.05

หมายเหตุ

พิจารณาที่สภาวะใช้งาน

ความเร็วลมพื้นฐานเท่ากับ 10 เมตรต่อวินาทีเฉลี่ยใน 1 ชั่วโมง

STUB คือ เสาสั้นเหนือฐาน (กก)

SHEAR คือ แรงเฉือนที่ฐาน (กก)

OTM คือ โมเมนต์ที่ฐาน (กก.ม)

ตารางที่ 5.8ข แรงภายใน (กก) ที่เกิดจากแรงลมที่กระทำต่อโครงสร้างเสาสูงในทิศทางขนานกับแนวสายไฟฟ้า ตามข้อกำหนดใหม่ของมหาวิทยาลัยเวสเทิร์นออนตาริโอ แหล่งลมจาก มิชิแกน, 1931

ชิ้นส่วน	(1)	(2)	(3)
	วิธีละเอียด	แพตช์โหลด	(2)/(1)
F3AL	92	108	1.17
F2L	113	131	1.16
F1L	110	126	1.15
P9L	203	235	1.16
F3A	1426	1587	1.11
F2	1426	1586	1.11
F1	1576	1727	1.10
P9	1576	1727	1.10
STUB	1792	1933	1.08
SHEAR	1016	1077	1.06
OTM	26780	29393	1.10

หมายเหตุ

พิจารณาที่สภาวะใช้งาน

ความเร็วลมพื้นฐานเท่ากับ 10 เมตรต่อวินาทีเฉลี่ยใน 1 ชั่วโมง

STUB คือ เสาสั้นเหนือฐาน (กก)

SHEAR คือ แรงเฉือนที่ฐาน (กก)

OTM คือ โมเมนต์ที่ฐาน (กก.ม)

ตารางที่ 5.9ก แรงภายใน (กก) ที่เกิดขึ้นจากการวิเคราะห์สถิตยศาสตร์แบบเชิงเส้นและไม่เชิงเส้น ตามข้อกำหนดของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (พิจารณาสถานะใช้งาน)

ชิ้นส่วน	ทิศทางตั้งฉากกับสายส่ง			ชิ้นส่วน	ทิศทางขนานกับสายส่ง		
	(1)	(2)	(3)		(4)	(5)	(6)
	เชิงเส้น	ไม่เชิงเส้น	(2)/(1)		เชิงเส้น	ไม่เชิงเส้น	(5)/(4)
F3AT	634	628	0.99	F3AL	879	950	1.08
F2T	1114	1108	0.99	F2L	986	1040	1.05
F1T	1161	1165	1.00	F1L	1055	1013	0.96
P9T	3165	3165	1.00	P9L	3012	2968	0.99
F3A	9466	9048	0.96	F3A	15022	14896	0.99
F2	9542	9129	0.96	F2	15098	14977	0.99
F1	11582	11941	1.03	F1	16646	16837	1.01
P9	11778	12139	1.03	P9	16842	17038	1.01
Stub	15164	15165	1.00	Stub	20216	20229	1.00

ตารางที่ 5.9ข แรงภายใน (กก) ที่เกิดขึ้นจากการวิเคราะห์สถิตยศาสตร์แบบเชิงเส้นและไม่เชิงเส้น ตามข้อกำหนดใหม่ของมหาวิทยาลัยเวสเทิร์นออนตารีโอ (พิจารณาสถานะใช้งาน)

ชิ้นส่วน	ทิศทางตั้งฉากกับสายส่ง			ชิ้นส่วน	ทิศทางขนานกับสายส่ง		
	(1)	(2)	(3)		(4)	(5)	(6)
	เชิงเส้น	ไม่เชิงเส้น	(2)/(1)		เชิงเส้น	ไม่เชิงเส้น	(5)/(4)
F3AT	738	726	0.98	F3AL	977	1006	1.03
F2T	1345	1335	0.99	F2L	1203	1220	1.01
F1T	1270	1277	1.01	F1L	1165	1152	0.99
P9T	2308	2314	1.00	P9L	2155	2144	0.99
F3A	12296	10980	0.89	F3A	15120	15052	1.00
F2	12297	10992	0.89	F2	15122	15057	1.00
F1	14461	15480	1.07	F1	16714	16818	1.01
P9	14461	15484	1.07	P9	16716	16823	1.01
Stub	16686	16654	1.00	Stub	18996	18994	1.00

ตารางที่ 5.10 ความถี่ธรรมชาติของเสาส่งไฟฟ้า DA1 ที่ได้จากการวิเคราะห์ทางพลศาสตร์

โหมดที่	ทิศทางด้านตั้งฉากกับแนวสายไฟฟ้า ( รอบ/วินาที )	ทิศทางขนานกับแนวสายไฟฟ้า ( รอบ/วินาที )
1	2.1	2.1
2	6.3	4.9
3	10.8	8.5
4	18.6	10.7
5	25.8	21.0
6	34.2	25.1
7	44.7	44.7

ศูนย์วิทยพัชกร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.11ก แรงลมเฉลี่ย (กก) ทางพลศาสตร์ที่ไม่ขึ้นกับเวลาที่กระทำต่อโครงสร้างเสาสูง  
ในทิศทางตั้งฉากกับแนวสายส่ง แหล่งลมจากมิซิแกน (พิจารณาสถานะใช้งาน)

ช่วง	h (m)	$q_{ref}$ (Kg/m <sup>2</sup> )	$C_{exp}$	$C^*_{shp}$	W (Kg/m <sup>2</sup> )	A (m <sup>2</sup> )	$\phi$	F (kg)
1	44.40	12.20	1.518	2.00	37.05	2.740	1.00	102
2	40.50	12.20	1.479	3.16	57.05	6.890	0.18	71
3	37.50	12.20	1.448	2.00	35.34	1.810	1.00	64
4	34.50	12.20	1.414	2.96	51.09	6.890	0.22	77
5	31.50	12.20	1.379	2.00	33.65	1.810	1.00	61
6	20.20	12.20	1.218	3.42	50.81	77.300	0.13	511
7	4.75	12.20	0.812	3.63	35.96	44.300	0.09	143

ตารางที่ 5.11ข แรงลมเฉลี่ย (กก) ทางพลศาสตร์ที่ไม่ขึ้นกับเวลาที่กระทำต่อโครงสร้างเสาสูง  
ในทิศทางขนานกับแนวสายส่ง แหล่งลมจาก มิซิแกน (พิจารณาสถานะใช้งาน)

ช่วง	h (m)	$q_{ref}$ (Kg/m <sup>2</sup> )	$C_{exp}$	$C^*_{shp}$	W (Kg/m <sup>2</sup> )	A (m <sup>2</sup> )	$\phi$	F (kg)
1	44.40	12.20	1.518	2.96	54.83	12.060	0.22	145
2	40.50	12.20	1.479	2.96	53.44	6.890	0.22	81
3	37.50	12.20	1.448	2.96	52.30	6.280	0.22	72
4	34.50	12.20	1.414	2.96	51.09	6.890	0.22	77
5	31.50	12.20	1.379	2.96	49.80	6.660	0.22	73
6	20.20	12.20	1.218	3.42	50.81	77.300	0.13	511
7	4.75	12.20	0.812	3.63	35.96	44.300	0.09	143

หมายเหตุ ใช้ความเร็วลมพื้นฐานเท่ากับ 14 เมตรต่อวินาที เฉลี่ยใน 20 วินาที

ตารางที่ 5.12ก ผลการเปรียบเทียบผลทางพลศาสตร์กับผลทางสถิตยศาสตร์  
ในทิศทางตั้งฉากกับแนวสายไฟฟ้า แหล่งลมจาก มิชิแกน, 1931 .

ชั้นส่วน	1	2	3	4	5	6
	ผลทางพลศาสตร์		ผลทางสถิตยศาสตร์			
	โหมดที่ 1	โหมดรวม	ละเอียด	แพตช์ ไหลด	2/1	2/3
F3AT	12	84	70	79	7.00	1.20
F2T	29	246	127	142	8.48	1.94
F1T	22	182	120	137	8.27	1.52
P9T	33	382	218	250	11.58	1.75
F3A	1601	1638	1166	1186	1.02	1.40
F2	1601	1638	1166	1186	1.02	1.40
F1	1630	1928	1358	1320	1.18	1.42
P9	1630	1928	1358	1320	1.18	1.42
STUB	1668	2286	1578	1664	1.37	1.45
SHEAR	705	1472	947	995	2.09	1.55
OTM	25381	34772	23980	25180	1.37	1.45

หมายเหตุ พิจารณาที่สภาวะใช้งาน

- (1),(2) แสดงแรงภายในสูงสุดทางพลศาสตร์ โดยพิจารณาจากความเร็วลมพื้นฐาน  
เท่ากับ 14 เมตรต่อวินาที เฉลี่ยใน 20 วินาที
- (3),(4) แสดงแรงภายในตามข้อกำหนด UWO โดยพิจารณาจากความเร็วลมพื้นฐาน  
เท่ากับ 10 เมตรต่อวินาที เฉลี่ยใน 1 ชั่วโมง

ตารางที่ 5.12ข ผลการเปรียบเทียบผลทางพลศาสตร์กับผลทางสถิตยศาสตร์  
ในทิศทางขนานกับแนวสายไฟฟ้า แหล่งลมจาก มิชิแกน,1931

ชั้นส่วน	1	2	3	4	5	6
	ผลทางพลศาสตร์		ผลทางสถิตยศาสตร์			
	โหมดที่ 1	โหมดรวม	วิธี ละเอียด	แพตช์ โหลด		
F3AL	26	95	92	108	3.65	1.03
F2L	38	204	113	131	5.37	1.81
F1L	29	151	109	126	5.21	1.37
P9L	44	322	203	235	7.32	1.59
F3A	1901	1926	1426	1587	1.01	1.35
F2	1901	1927	1426	1586	1.01	1.35
F1	1924	2135	1576	1727	1.11	1.35
P9	1924	2135	1576	1727	1.11	1.35
STUB	1980	2415	1792	1933	1.22	1.35
SHEAR	842	1439	1016	1077	1.71	1.42
OTM	29634	36153	26780	28922	1.22	1.35

หมายเหตุ พิจารณาที่สภาวะใช้งาน

- (1),(2) แสดงแรงภายในสูงสุดทางพลศาสตร์ โดยพิจารณาจากความเร็วลมพื้นฐาน  
เท่ากับ 14 เมตรต่อวินาที เฉลี่ยใน 20 วินาที
- (3),(4) แสดงแรงภายในตามข้อกำหนด UWO โดยพิจารณาจากความเร็วลมพื้นฐาน  
เท่ากับ 10 เมตรต่อวินาที เฉลี่ยใน 1 ชั่วโมง

ตารางที่ 5.12ค ผลการเปรียบเทียบผลทางพลศาสตร์กับผลทางสถิตยศาสตร์  
ในทิศทางตั้งฉากกับแนวสายไฟฟ้า แหล่งลมจาก มิชิแกน,1931

ชิ้นส่วน	1	2	3	2/1	5	7
	ผลทางพลศาสตร์		UWO			
	โหมดที่ 1	โหมดรวม	วิธีละเอียด			
F3AT	12	84	137	7.00	0.61	1.60
F2T	29	246	249	8.48	0.99	1.60
F1T	22	182	235	8.27	0.77	1.60
P9T	33	382	427	11.58	0.89	1.60
F3A	1601	1638	2285	1.02	0.72	1.34
F2	1601	1638	2285	1.02	0.72	1.34
F1	1630	1928	2662	1.18	0.72	1.34
P9	1630	1928	2662	1.18	0.72	1.34
STUB	1668	2286	3093	1.37	0.74	1.36
SHEAR	705	1472	1856	2.09	0.79	1.45
OTM	25381	34772	47001	1.37	0.74	1.35

หมายเหตุ พิจารณาที่สภาวะใช้งาน โดยพิจารณาจากความเร็วลมพื้นฐาน  
เท่ากับ 14 เมตรต่อวินาที เฉลี่ยใน 20 วินาที  
(1),(2) แสดงแรงภายในสูงสุดทางพลศาสตร์ (กก)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ตารางที่ 5.12ง ผลการเปรียบเทียบผลทางพลศาสตร์กับผลทางสถิตยศาสตร์  
ในทิศทางขนานกับแนวสายไฟฟ้า แหล่งลมจาก มิชิแกน, 1931

ชั้นส่วน	1	2	3	2/1	5	7
	ผลทางพลศาสตร์		UWO			
	โหมดที่ 1	โหมดรวม	วิธีละเอียด			
F3AL	26	95	180	3.65	0.53	1.6
F2L	38	204	221	5.37	0.92	1.42
F1L	29	151	214	5.21	0.71	1.42
P9L	44	322	398	7.32	0.81	1.47
F3A	1901	1926	2795	1.01	0.69	1.31
F2	1901	1927	2795	1.01	0.69	1.31
F1	1924	2135	3089	1.11	0.69	1.30
P9	1924	2135	3089	1.11	0.69	1.3
STUB	1980	2415	3512	1.22	0.69	1.29
SHEAR	842	1439	1991	1.71	0.72	1.34
OTM	29634	36153	52489	1.22	0.69	1.30

หมายเหตุ พิจารณาที่สภาวะใช้งาน โดยพิจารณาจากความเร็วลมพื้นฐาน  
เท่ากับ 14 เมตรต่อวินาที เฉลี่ยใน 20 วินาที  
(1),(2) แสดงแรงภายในสูงสุดทางพลศาสตร์ (กก)

ตารางที่ 5.13ก การเปรียบเทียบด้านพลศาสตร์ระหว่างการใช้ฟังก์ชันจริงกับฟังก์ชันเดียว  
ในทิศทางตั้งฉากกับแนวสายไฟฟ้า แหล่งลมจาก มิชิแกน, 1931

ชั้นส่วน	1 ฟังก์ชันจริง	2	3	4	5 1/2	6 1/3	7 1/4
		ฟังก์ชันที่					
		1	2	3			
F3AT	113	89	86	107	1.27	1.31	1.05
F2T	223	236	246	306	0.95	0.91	0.73
F1T	224	187	182	226	1.20	1.23	0.99
P9T	521	397	386	479	1.31	1.35	1.09
F3A	1794	1830	1732	2169	0.98	1.04	0.83
F2	1794	1830	1733	2169	0.98	1.04	0.83
F1	2148	2177	2056	2587	0.99	1.04	0.83
P9	2148	2177	2056	2587	0.99	1.04	0.83
STUB	2614	2577	2444	3069	1.01	1.07	0.85
SHEAR	1526	1615	1547	1933	0.94	0.99	0.79
OTM	25650	23810	22490	28270	1.08	1.14	0.91

หมายเหตุ      พิจารณาที่สภาวะใช้งาน โดยพิจารณาจากความเร็วลมพื้นฐาน  
เท่ากับ 14 เมตรต่อวินาที เฉลี่ยใน 20 วินาที

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.13ข การเปรียบเทียบด้านพลศาสตร์ระหว่างการใช้ฟังก์ชันจริงกับ ฟังก์ชันเดียว  
ในทิศทางขนานกับแนวสายไฟฟ้า แหล่งลมจาก มิชิแกน,1931

ชั้นส่วน	1 ฟังก์ชันจริง	2	3	4	5 $\frac{1}{2}$	6 $\frac{1}{3}$	7 $\frac{1}{4}$
		ฟังก์ชันที่					
		1	2	3			
F3AL	76	63	61	76	1.21	1.25	1.00
F2L	296	244	237	294	1.21	1.25	1.01
F1L	219	181	175	218	1.21	1.25	1.00
P9L	453	374	363	452	1.21	1.25	1.00
F3A	2113	2185	2056	2573	0.97	1.03	0.82
F2	2113	2185	2057	2574	0.97	1.03	0.82
F1	2437	2482	2346	2933	0.98	1.04	0.83
P9	2437	2482	2346	2933	0.98	1.04	0.83
STUB	2839	2874	2726	3407	0.99	1.04	0.83
SHEAR	1812	1706	1632	2035	1.06	1.11	0.89
OTM	26830	27480	25930	32440	0.98	1.03	0.83

หมายเหตุ      พิจารณาที่สภาวะใช้งาน โดยพิจารณาจากความเร็วลมพื้นฐาน  
เท่ากับ 14 เมตรต่อวินาที เฉลี่ยใน 20 วินาที

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.14ก แรงลม (กก) ที่กระทำต่อโครงสร้างเสาสูงในทิศทางตั้งฉากกับแนวสายไฟฟ้า  
วิเคราะห์โดยวิธีละเอียด แหล่งลมจากภาคใต้ของประเทศไทย

ช่วง	H ( m. )	qref(kg/m <sup>2</sup> )	Cexp	C*shp	Cdyn	W(kg/m <sup>2</sup> )	A(m <sup>2</sup> )	Ø	F(kg)
1	44.4	35.96	1.177	2.00	2.00	.169.31	2.74	1.00	464
2	40.5	35.96	1.131	3.16	2.00	257.14	6.89	0.18	319
3	37.5	35.96	1.095	2.00	2.00	157.45	1.81	1.00	285
4	34.5	35.96	1.056	2.96	2.00	224.82	6.89	0.22	341
5	31.5	35.96	1.015	2.00	2.00	146.08	1.81	1.00	264
6	20.2	35.96	0.839	3.42	2.00	206.35	77.3	0.13	2074
7	4.75	35.96	0.450	3.63	2.00	117.53	44.3	0.09	469

ตารางที่ 5.14ข แรงลม (กก) ที่กระทำ ต่อโครงสร้างเสาสูงในทิศทางขนานกับแนวสายไฟฟ้า  
วิเคราะห์โดยวิธีละเอียด แหล่งลมจากภาคใต้ของประเทศไทย

ช่วง	H ( m. )	qref(kg/m <sup>2</sup> )	Cexp	C*shp	Cdyn	W(kg/m <sup>2</sup> )	A(m <sup>2</sup> )	Ø	F(kg)
1	44.4	35.96	1.177	2.96	2.00	250.58	12.06	0.22	665
2	40.5	35.96	1.131	2.96	2.00	240.87	6.89	0.22	365
3	37.5	35.96	1.095	2.96	2.00	233.03	6.28	0.22	322
4	34.5	35.96	1.056	2.96	2.00	224.82	6.89	0.22	341
5	31.5	35.96	1.015	2.96	2.00	216.20	6.66	0.22	317
6	20.2	35.96	0.839	3.42	2.00	206.35	77.3	0.13	2074
7	4.75	35.96	0.450	3.63	2.00	117.53	44.3	0.09	469

หมายเหตุ ใช้ความเร็วลมพื้นฐานเท่ากับ 24 เมตรต่อวินาที เฉลี่ยใน 1 ชั่วโมง

ตารางที่ 5.15ก แรงแลมเฉลี่ย (กก) ทางพลศาสตร์ที่ไม่ขึ้นกับเวลาที่กระทำต่อโครงสร้างเสาสูง  
ในทิศทางตั้งฉากกับแนวสายไฟฟ้า แหล่งลมจากภาคใต้ของประเทศไทย

ช่วง	H ( m. )	qref(kg/m <sup>2</sup> )	Cexp	C*shp	W(kg/m <sup>2</sup> )	A(m <sup>2</sup> )	Ø	F(kg)
1	44.4	52.51	1.177	2.00	123.60	2.74	1.00	339
2	40.5	52.51	1.131	3.16	187.72	6.89	0.18	233
3	37.5	52.51	1.095	2.00	114.94	1.81	1.00	208
4	34.5	52.51	1.056	2.96	164.13	6.89	0.22	249
5	31.5	52.51	1.015	2.00	106.64	1.81	1.00	193
6	20.2	52.51	0.839	3.42	150.64	77.3	0.13	1514
7	4.75	52.51	0.450	3.63	85.80	44.3	0.09	342

ตารางที่ 5.15ข แรงแลมเฉลี่ย (กก) ทางพลศาสตร์ที่ไม่ขึ้นกับเวลาที่กระทำต่อโครงสร้างเสาสูง  
ในทิศทางขนานกับแนวสายไฟฟ้า แหล่งลมจากภาคใต้ของประเทศไทย

ช่วง	H ( m. )	qref(kg/m <sup>2</sup> )	Cexp	C*shp	W(kg/m <sup>2</sup> )	A(m <sup>2</sup> )	Ø	F(kg)
1	44.4	52.51	1.177	2.96	182.93	12.06	0.22	485
2	40.5	52.51	1.131	2.96	175.84	6.89	0.22	267
3	37.5	52.51	1.095	2.96	170.12	6.28	0.22	235
4	34.5	52.51	1.056	2.96	164.13	6.89	0.22	249
5	31.5	52.51	1.015	2.96	157.83	6.66	0.22	231
6	20.2	52.51	0.839	3.42	150.64	77.3	0.13	1514
7	4.75	52.51	0.450	3.63	85.80	44.3	0.09	342

หมายเหตุ ใช้ความเร็วลมพื้นฐานเท่ากับ 29 เมตรต่อวินาที เฉลี่ยใน 1 ชั่วโมง

ตารางที่ 5.16ก ผลการเปรียบเทียบผลทางพลศาสตร์กับผลทางสถิตยศาสตร์

ในทิศทางตั้งฉากกับแนวสายไฟฟ้า แหล่งลมจากภาคใต้ของประเทศไทย

ชิ้นส่วน	1	2	3	5	6
	ผลทางพลศาสตร์		วิธี ละเอียด	2/1	2/3
	โหมดที่ 1	โหมดรวม			
F3AT	146	822	304	5.63	2.70
F2T	346	1779	556	5.14	3.20
F1T	262	1315	526	5.02	2.50
P9T	401	2629	918	6.56	2.86
F3A	19240	19560	5538	1.02	3.53
F2	19240	19560	5538	1.02	3.53
F1	19590	20480	6378	1.05	3.21
P9	19590	20480	6378	1.05	3.21
STUB	20040	21490	7304	1.07	2.94
SHEAR	8473	10820	4216	1.28	2.57
OTM	300934	322001	111035	1.07	2.90

หมายเหตุ พิจารณาที่สภาวะใช้งาน

- (1),(2) แสดงแรงภายในสูงสุดทางพลศาสตร์ โดยพิจารณาจากความเร็วลมพื้นฐานเท่ากับ 29 เมตรต่อวินาที เฉลี่ยใน 200 วินาที
- (3) แสดงแรงภายในตามข้อกำหนด UWO โดยพิจารณาจากความเร็วลมพื้นฐานเท่ากับ 24 เมตรต่อวินาที เฉลี่ยใน 1 ชั่วโมง

ตารางที่ 5.16ข ผลการเปรียบเทียบผลทางพลศาสตร์กับผลทางสถิตยศาสตร์

ในทิศทางขนานกับแนวสายไฟฟ้า แหล่งลมจากภาคใต้ของประเทศไทย

ชิ้นส่วน	1	2	3	5	6
	ผลทางพลศาสตร์		วิธี ละเอียด	2/1	2/3
	โหมดที่ 1	โหมดรวม			
F3AL	324	799	399	2.47	2.00
F2L	468	1660	493	3.55	3.37
F1L	354	1230	480	3.47	2.56
P9L	540	2181	852	4.04	2.56
F3A	23400	24000	6795	1.03	3.53
F2	23480	24010	6795	1.02	3.53
F1	23770	25330	7442	1.07	3.40
P9	23770	25330	7442	1.07	3.40
STUB	24450	27060	8348	1.11	3.24
SHEAR	10400	12870	4553	1.24	2.83
OTM	357698	393468	126925	1.10	3.10

หมายเหตุ พิจารณาที่สภาวะใช้งาน

- (1),(2) แสดงแรงภายในสูงสุดทางพลศาสตร์ โดยพิจารณาจากความเร็วลมพื้นฐานเท่ากับ 29 เมตรต่อวินาที เฉลี่ยใน 200 วินาที
- (3) แสดงแรงภายในตามข้อกำหนด UWO โดยพิจารณาจากความเร็วลมพื้นฐานเท่ากับ 24 เมตรต่อวินาที เฉลี่ยใน 1 ชั่วโมง

ตารางที่ 5.16ค ผลการเปรียบเทียบผลทางพลศาสตร์กับผลทางสถิตยศาสตร์

ในทิศทางตั้งฉากกับแนวสายไฟฟ้า แหล่งลมจากภาคใต้ของประเทศไทย

ชิ้นส่วน	1	2	3	4	5	6	7	8
	ผลทางพลศาสตร์			วิธี ละเอียด	3/1	3/2	3/4	$C_{dyn}$ (งานวิจัย)
	โหมด 1	โหมด 1+2	โหมดรวม					
F3AT	146	732	822	444	5.63	1.12	1.85	4.75
F2T	346	1724	1779	812	5.14	1.03	2.19	3.62
F1T	262	1274	1315	768	5.02	1.03	1.71	3.61
P9T	401	2464	2629	1340	6.56	1.07	1.96	3.59
F3A	19240	19550	19560	8085	1.02	1.00	2.42	4.50
F2	19240	19550	19560	8085	1.02	1.00	2.42	4.50
F1	19590	20460	20480	9312	1.05	1.00	2.20	4.08
P9	19590	20460	20480	9312	1.05	1.00	2.20	4.08
STUB	20040	21480	21490	10664	1.07	1.00	2.02	3.74
SHEAR	8473	10130	10820	6155	1.28	1.07	1.76	3.25
OTM	300934	321851	322001	162111	1.07	1.00	1.99	3.70

- หมายเหตุ
1. พิจารณาที่สภาวะใช้งาน โดยพิจารณาจากความเร็วลมพื้นฐานเท่ากับ 29 เมตรต่อวินาที เฉลี่ยใน 200 วินาที
  2. (1),(2),(3) เป็นแรงสูงสุดทางพลศาสตร์



ตารางที่ 5.16ง ผลการเปรียบเทียบผลทางพลศาสตร์กับผลทางสถิตยศาสตร์

ในทิศทางขนานกับแนวสายไฟฟ้า แหล่งลมจากภาคใต้ของประเทศไทย

ชิ้นส่วน	1	2	3	4	5	6	7	8
	ผลทางพลศาสตร์			วิธี ละเอียด	3/1	3/2	3/4	$C_{dyn}$ (งานวิจัย)
	โหมดที่ 1	โหมด 1+2	โหมดรวม					
F3AL	324	696	799	583	2.47	1.15	1.37	4.80
F2L	468	1532	1660	720	3.55	1.08	2.31	3.49
F1L	354	1136	1230	701	3.47	1.08	1.76	3.51
P9L	540	1983	2181	1244	4.04	1.10	1.75	3.18
F3A	23400	23630	24000	9921	1.03	1.02	2.42	4.60
F2	23480	23630	24010	9921	1.02	1.02	2.42	4.60
F1	23770	24250	25330	10865	1.07	1.04	2.33	4.39
P9	23770	24250	25330	10865	1.07	1.04	2.33	4.39
STUB	24450	25260	27060	12188	1.11	1.07	2.22	4.16
SHEAR	10400	11100	12870	6647	1.24	1.16	1.94	3.60
OTM	357698	367295	393468	185311	1.10	1.07	2.12	4.10

- หมายเหตุ
1. พิจารณาที่สภาวะใช้งาน โดยพิจารณาจากความเร็วลมพื้นฐานเท่ากับ 29 เมตรต่อวินาที เฉลี่ยใน 200 วินาที
  2. (1),(2),(3) เป็นแรงสูงสุดทางพลศาสตร์

ตารางที่ 5.17ก การเปรียบเทียบด้านพลศาสตร์ระหว่างการใช้ฟังก์ชันจริงกับฟังก์ชันเดียว  
ในทิศทางตั้งฉากกับแนวสายไฟฟ้า แหล่งลมจากภาคใต้ของประเทศไทย

ชั้นส่วน	1	2	3	4	5 1/2	6 1/3	7 1/4
	ฟังก์ชันจริง	ฟังก์ชันที่					
		1	2	3			
F3AT	875	626	844	792	1.40	1.04	1.10
F2T	1939	1537	2258	2034	1.26	0.86	0.95
F1T	1432	1134	1667	1502	1.26	0.86	0.95
P9T	3496	2174	3533	3278	1.61	0.99	1.07
F3A	18780	14960	29410	20950	1.26	0.64	0.90
F2	18790	14960	29420	20950	1.26	0.64	0.90
F1	19970	16620	30360	23250	1.20	0.66	0.86
P9	19970	16620	30360	23250	1.20	0.66	0.86
STUB	21980	18580	31950	26140	1.18	0.69	0.84
SHEAR	12030	10380	16710	14650	1.16	0.72	0.82
OTM	225800	186500	343700	258200	1.21	0.66	0.87

หมายเหตุ ใช้ความเร็วลมพื้นฐานเท่ากับ 26.5 เมตรต่อวินาที เฉลี่ยใน 1 ชั่วโมง

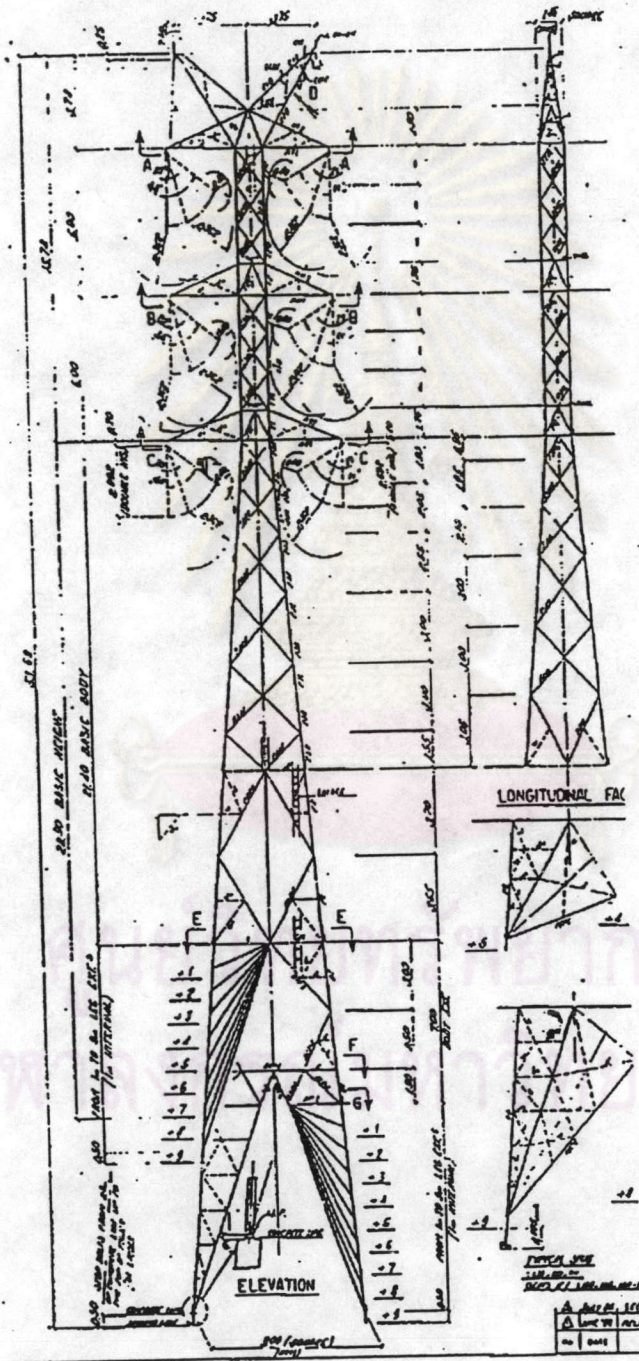
ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.17๗ การเปรียบเทียบด้านพลศาสตร์ระหว่างการใช้ฟังก์ชันจริงกับฟังก์ชันเดียว  
ในทิศทางขนานกับแนวสายไฟฟ้า แหล่งลมจากภาคใต้ของประเทศไทย

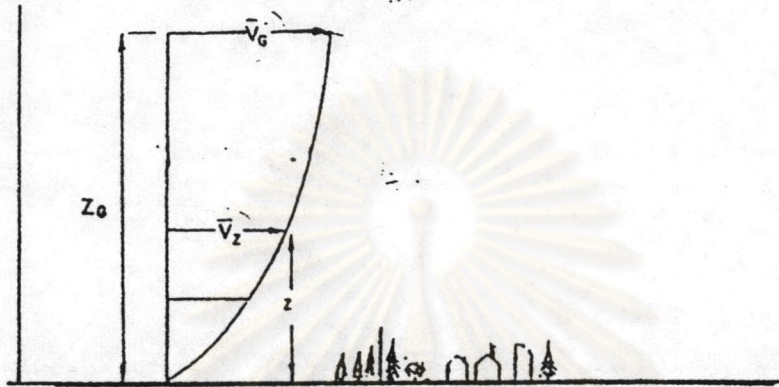
ชั้นส่วน	1 ฟังก์ชันจริง	2	3	4	5 1/2	6 1/3	7 1/4
		ฟังก์ชันที่					
		1	2	3			
F3AL	1003	462	760	640	2.17	1.32	1.57
F2L	1846	1327	2001	1704	1.39	0.92	1.08
F1L	1366	984	1476	1262	1.39	0.93	1.08
P9L	3306	1921	3313	3151	1.72	1.00	1.05
F3A	22890	17950	36030	24920	1.28	0.64	0.92
F2	22890	17950	36030	24920	1.28	0.64	0.92
F1	23280	19280	37600	26750	1.21	0.62	0.87
P9	23280	19280	37600	26750	1.21	0.62	0.87
STUB	25980	21300	40190	29480	1.22	0.65	0.88
SHEAR	14420	16180	19290	15610	0.89	0.75	0.92
OTM	267200	218000	428100	301800	1.23	0.62	0.89

หมายเหตุ ใช้ความเร็วลมพื้นฐานเท่ากับ 26.5 เมตรต่อวินาที เฉลี่ยใน 1 ชั่วโมง

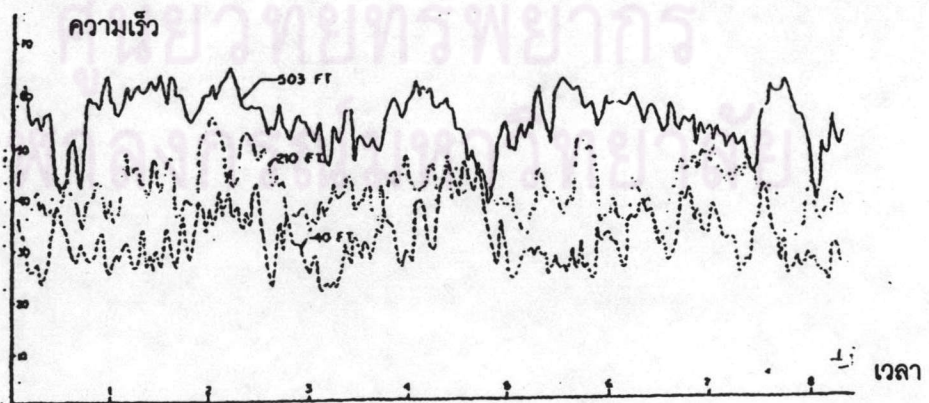
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



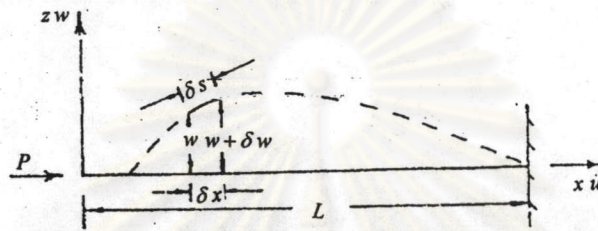
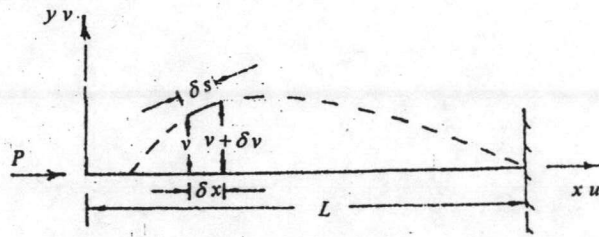
รูปที่ 1.1 ลักษณะของเสาส่งไฟฟ้า DA.1



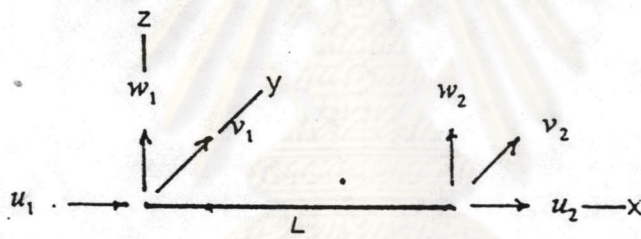
รูปที่ 2.1 ลักษณะความเร็วลมธรรมชาติแปรตามความสูงเนื่องจากอิทธิพลของภูมิประเทศ



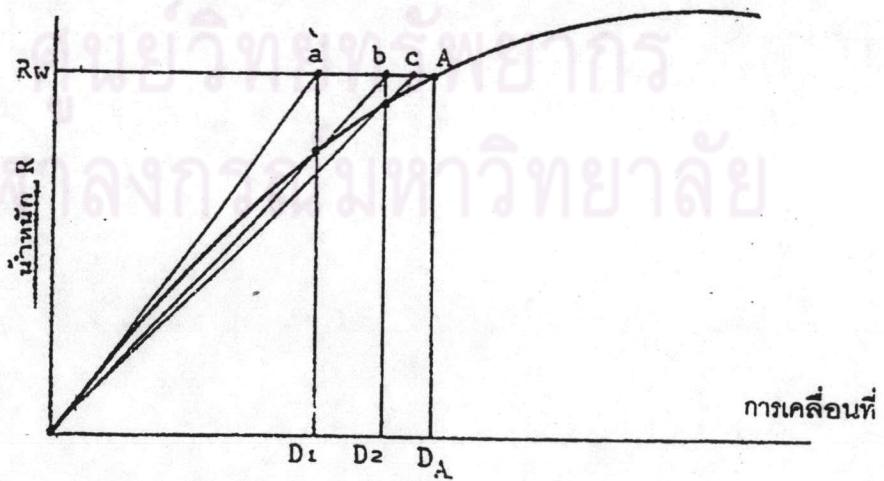
รูปที่ 2.2 ความเร็วลมที่ระดับความสูงต่างๆ



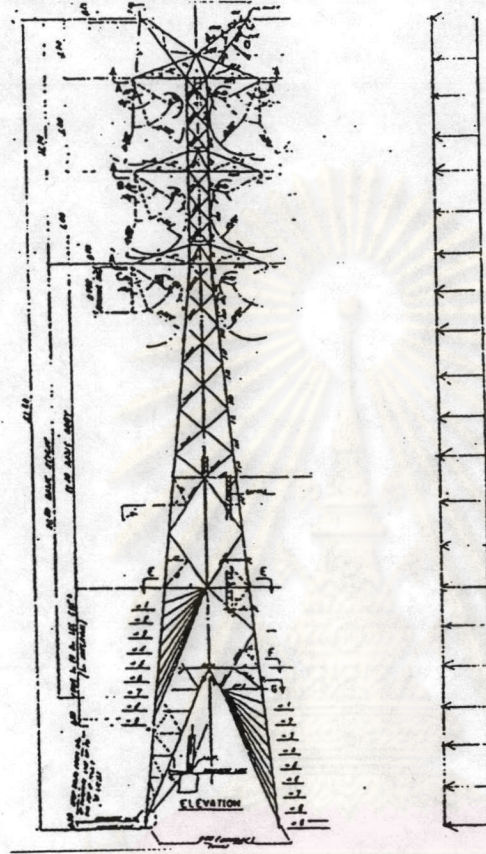
รูปที่ 2.3ก การเปลี่ยนตำแหน่งของชิ้นส่วนรับแรงในแนวแกน 3 มิติ



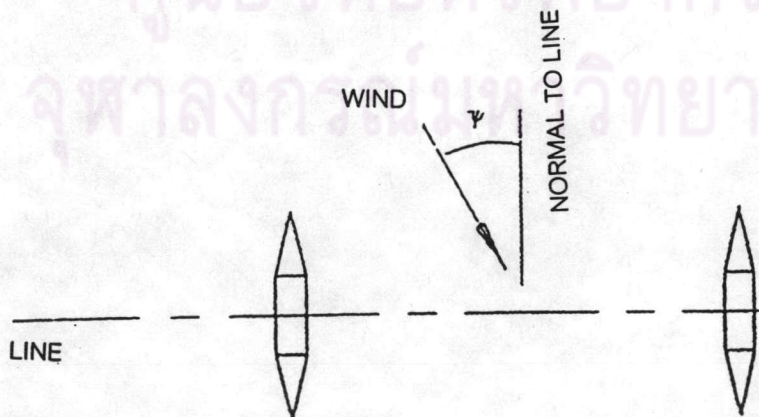
รูปที่ 2.3ข ทิศทางการเปลี่ยนตำแหน่งที่หัวของชิ้นส่วนรับแรงในแนวแกน 3 มิติ



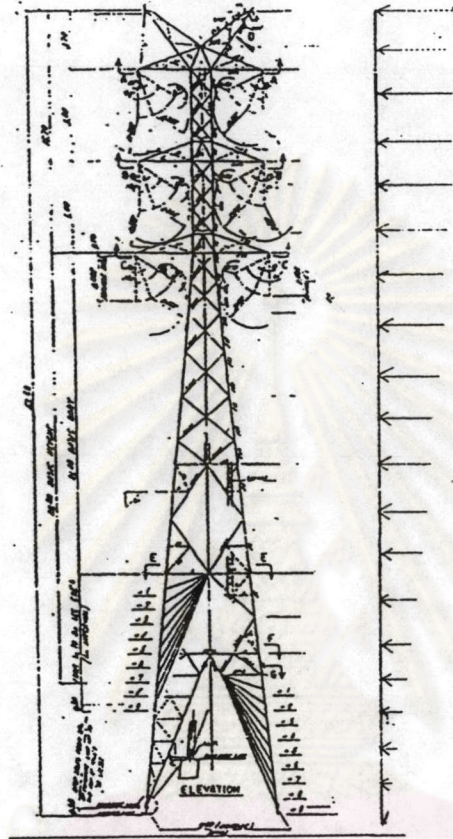
รูปที่ 2.4 การวิเคราะห์ที่ไม่เชิงเส้นด้วยวิธีทำซ้ำโดยตรง



รูปที่ 3.1 การกระจายหน่วยแรงลมตามข้อกำหนดของ EGAT.



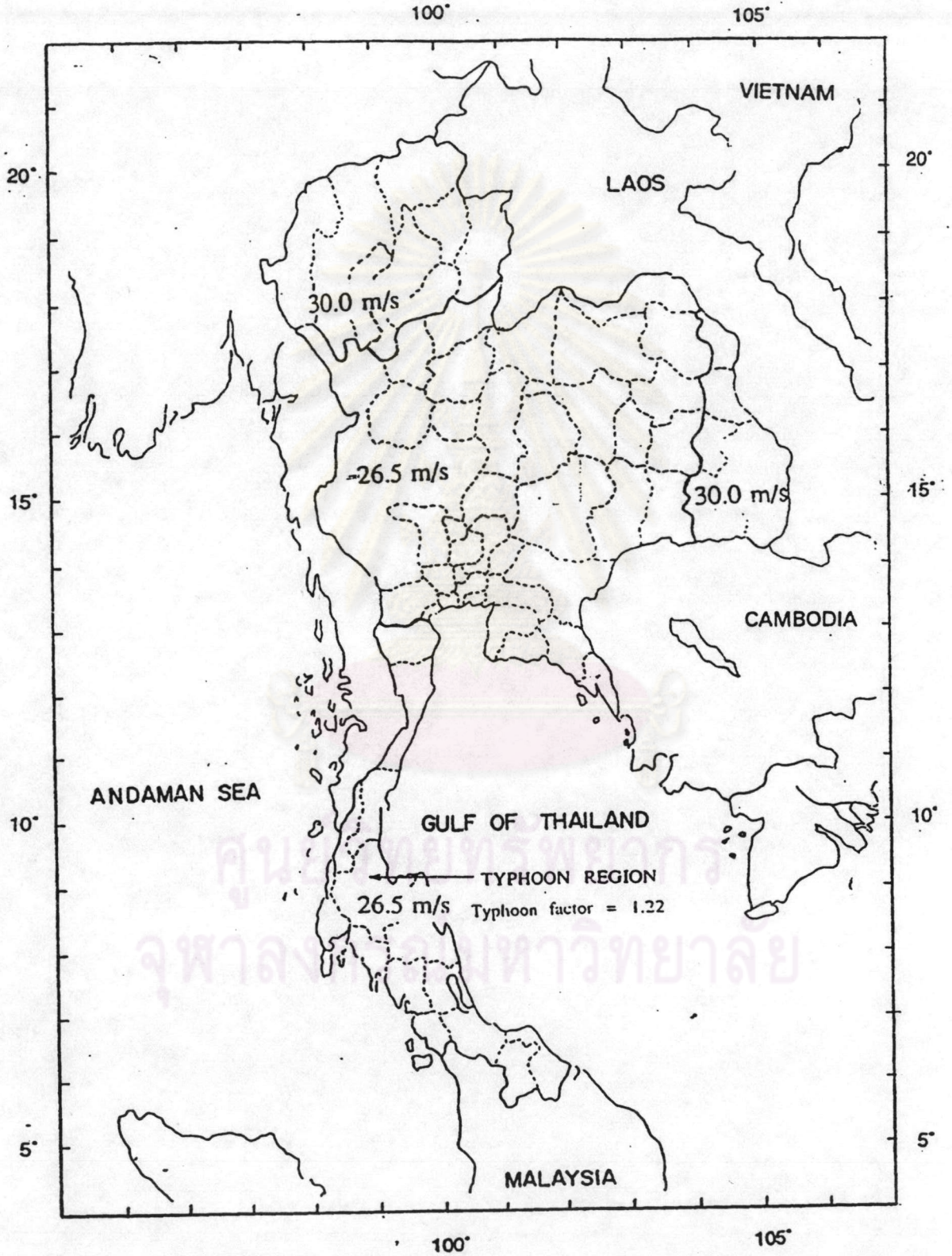
รูปที่ 3.2 การกำหนดทิศทางของลมที่กระทำต่อเสาส่งไฟฟ้า



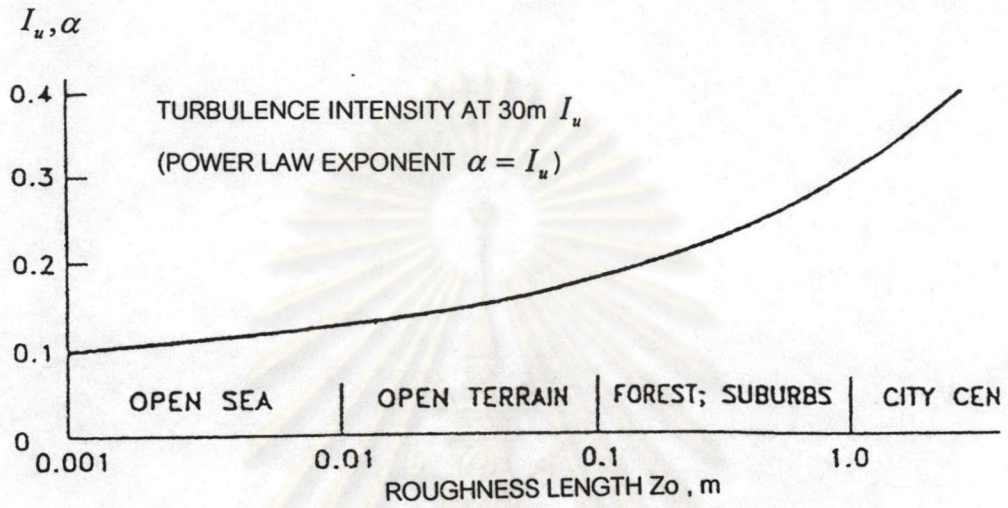
รูปที่ 3.3 การกระจายหน่วยแรงลมตามข้อกำหนดของ UWO.

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

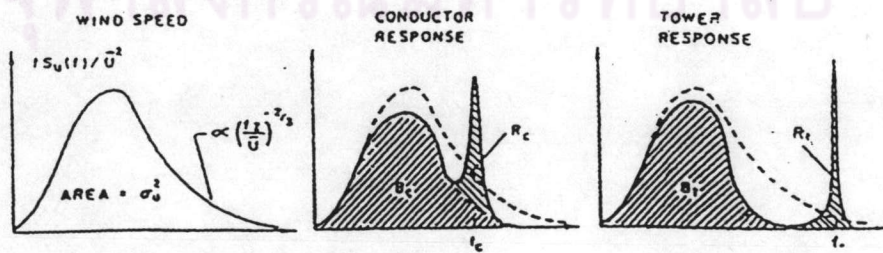




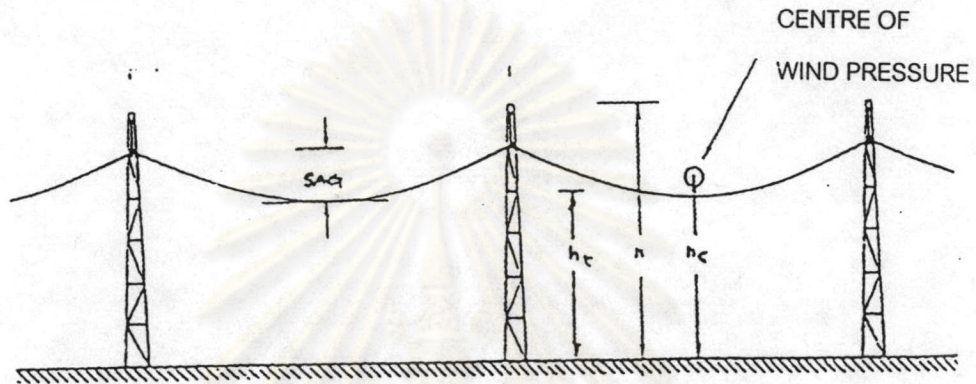
รูปที่ 3.4 ความเร็วลมพื้นฐานสำหรับประเทศไทย(Mikiuk และคณะ,1995)



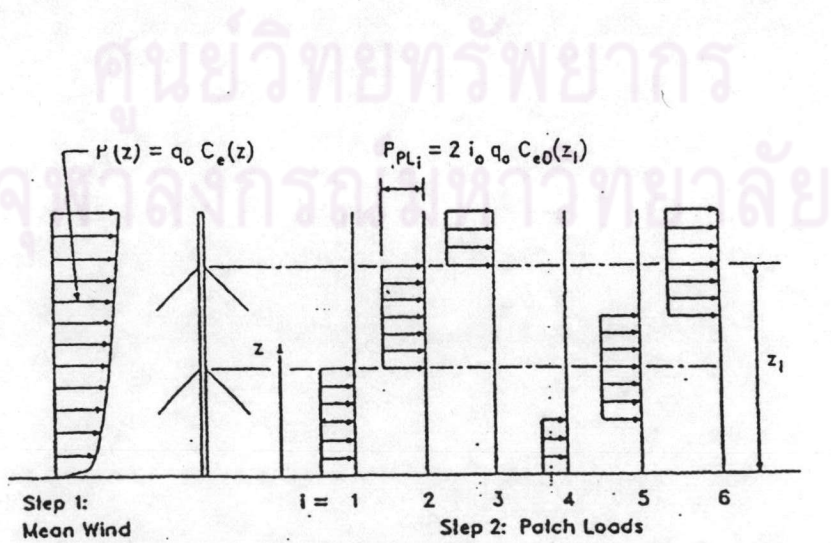
รูปที่ 3.5 ระยะเวลาขรุขระบนพื้นผิวราบสำหรับภูมิประเทศต่าง ๆ



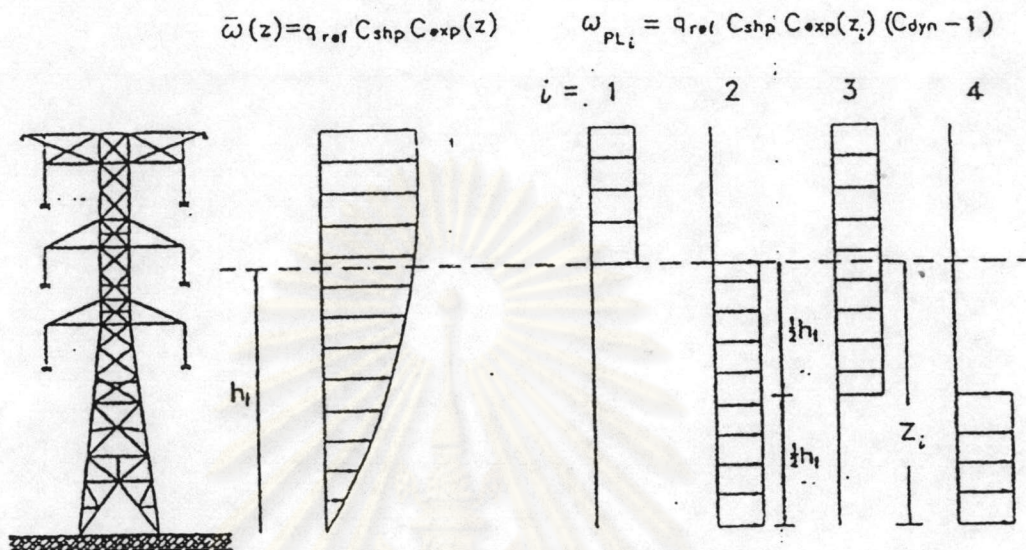
รูปที่ 3.6 ส่วนพื้นหลังและส่วนกำหนดของบนสายไฟฟ้าและเสาส่ง



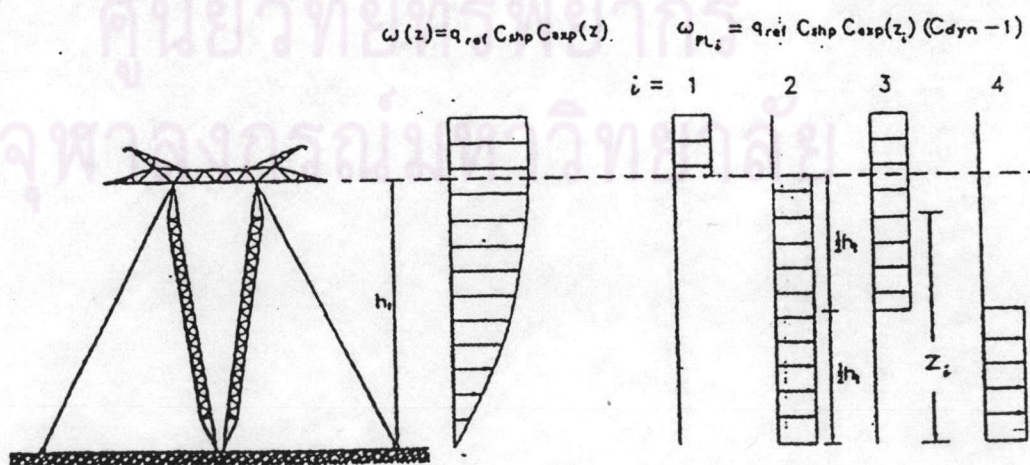
รูปที่ 3.7 ค่าจำกัดความของมิติต่างๆ ของสายไฟฟ้าและเสาส่ง



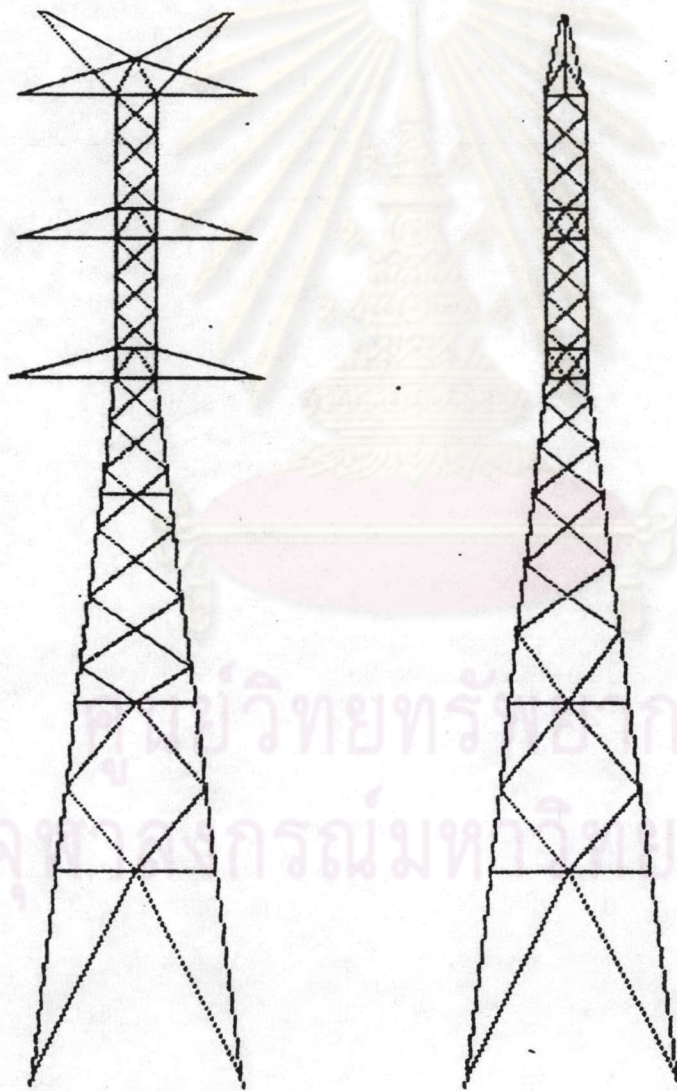
รูปที่ 3.8 รูปแบบของชุดของแรงแพตช์โหลด



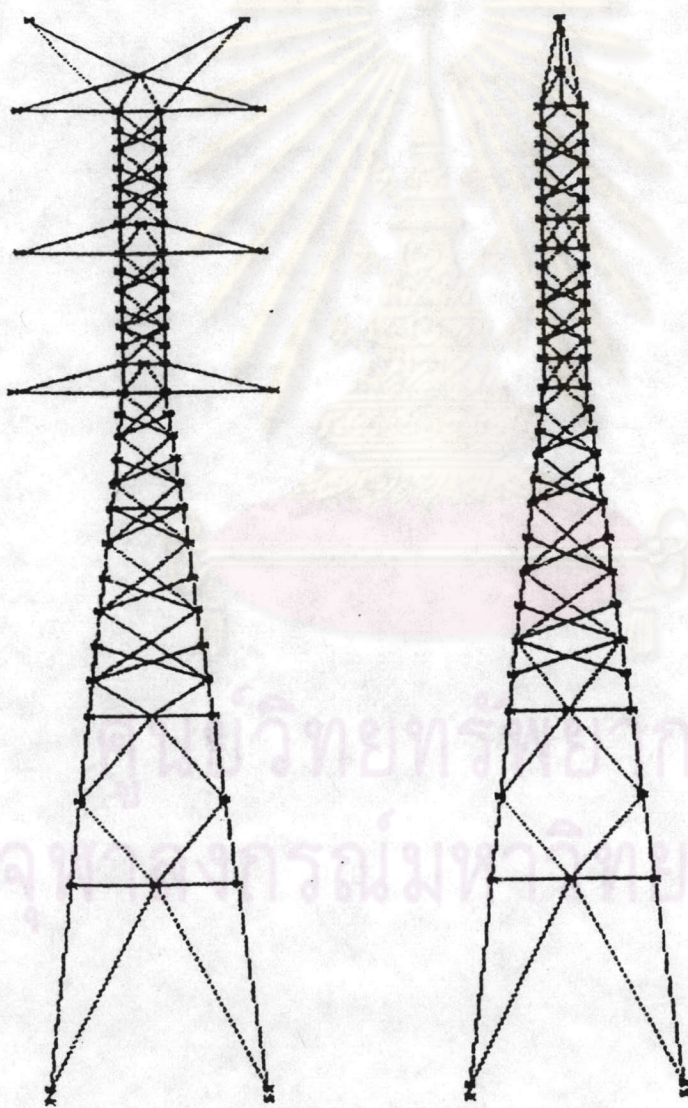
รูปที่ 3.9 รูปแบบของแพตช์โหลดที่กระทำต่อ Lattice structure



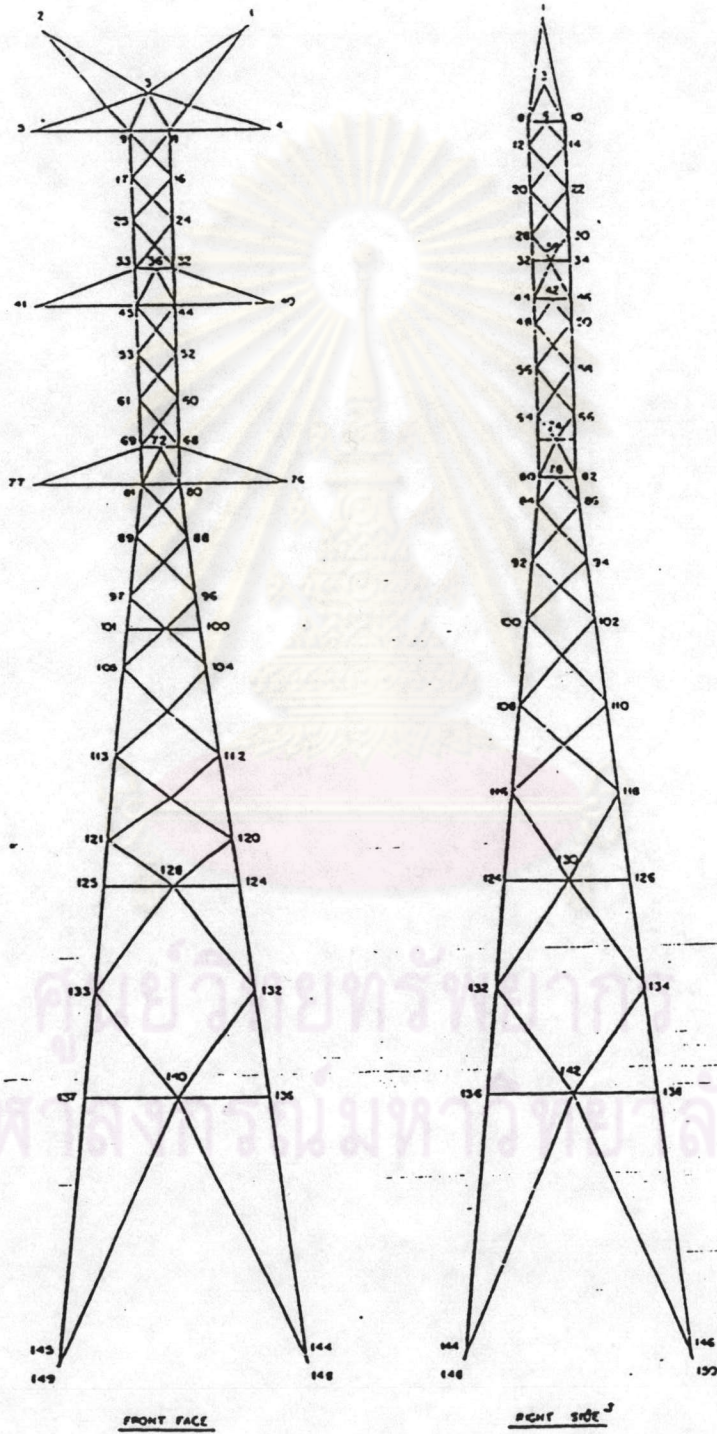
รูปที่ 3.9 รูปแบบของแพตช์โหลดที่กระทำต่อ Guyed structure



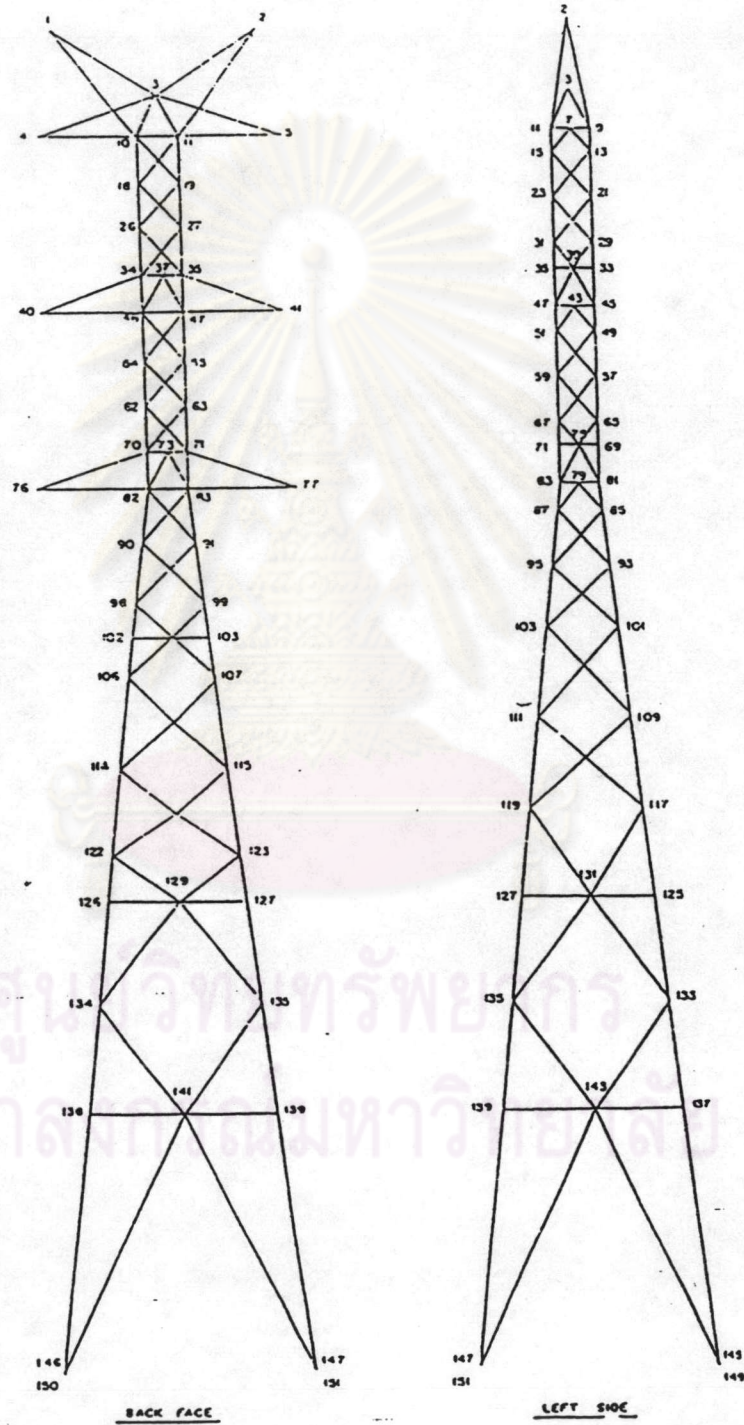
รูปที่ 4.1 รูปร่างจริงของเสาส่งไฟฟ้า DA.1 ขนาด 230 เควี



รูปที่ 4.2 รูปร่างของเสาส่งไฟฟ้า DA.1ที่ใช้ในการวิจัย

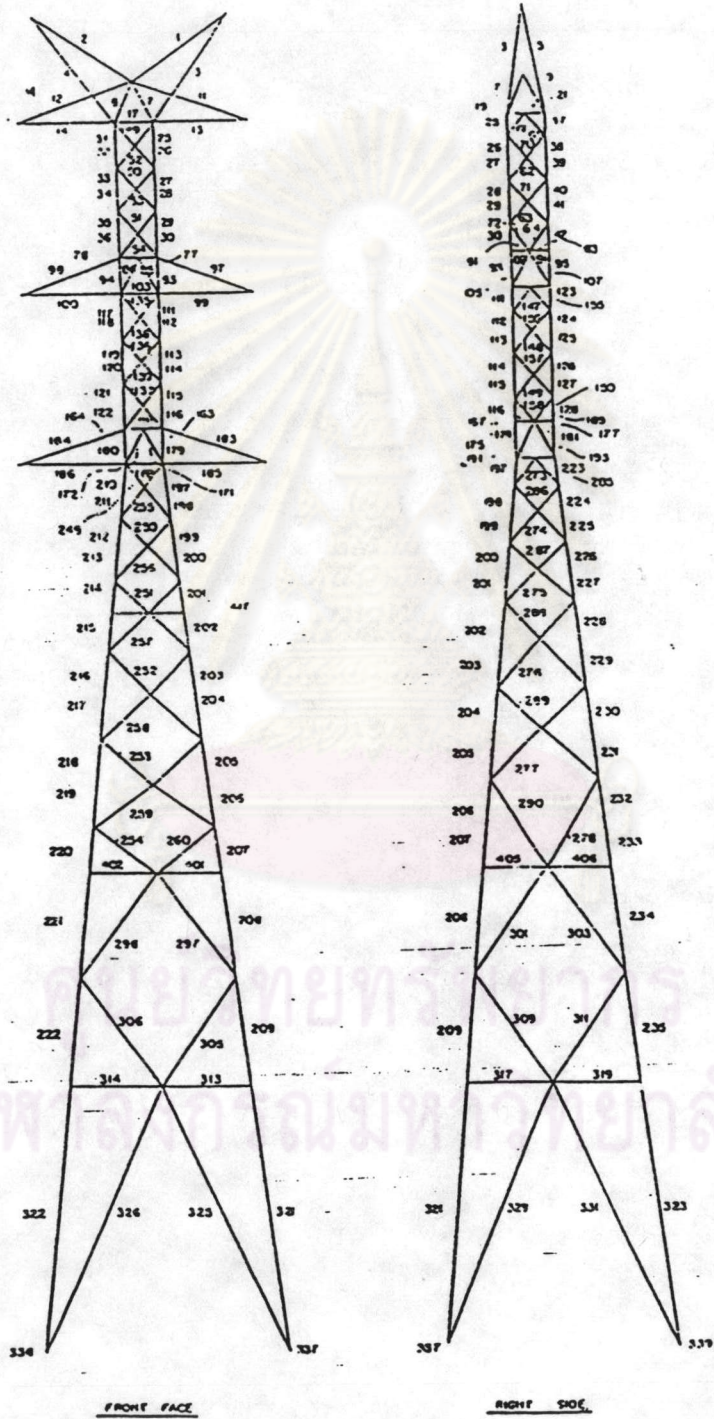


รูปที่ 4.3ก รูปด้านข้างของแบบจำลองเสาส่งไฟฟ้าและแสดงจุดต่อเอเลเมนต์

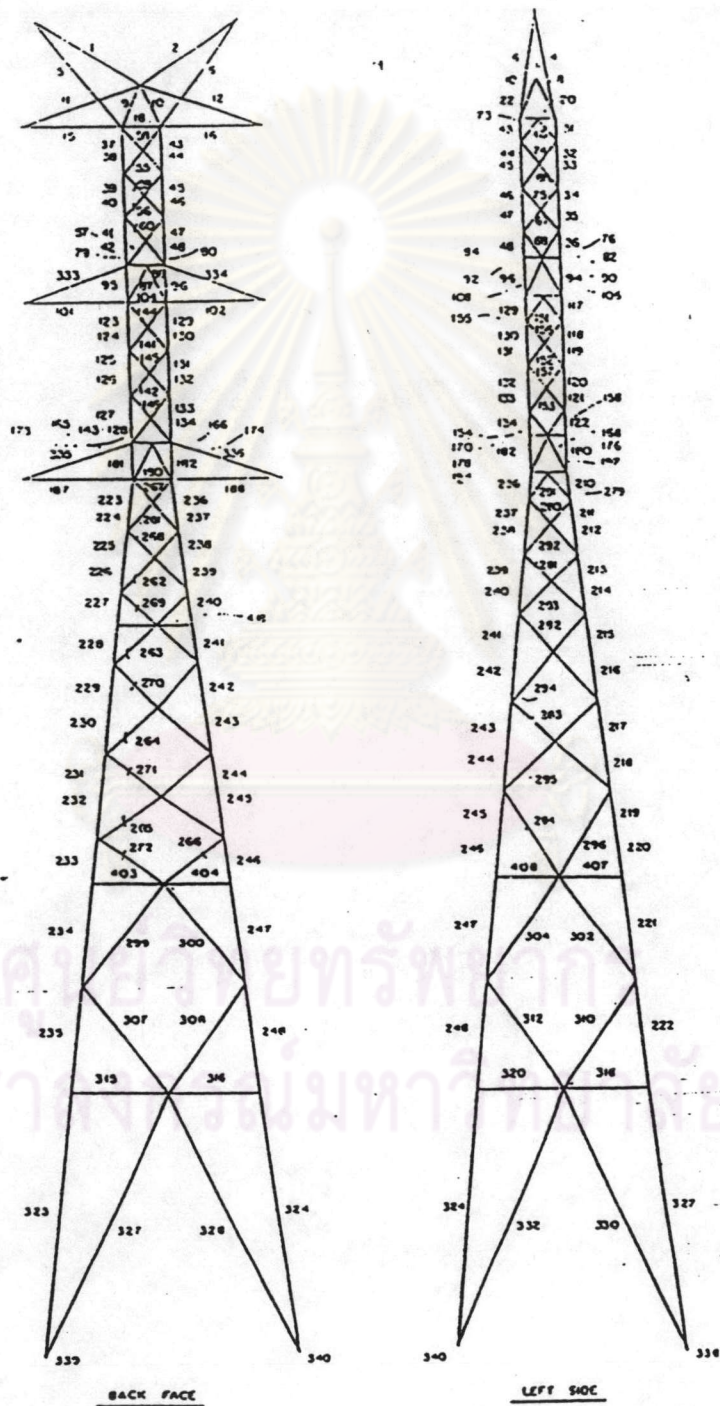


รูปที่ 4.3ก(ต่อ) รูปด้านข้างของแบบจำลองเสาส่งไฟฟ้าและแสดงจุดต่อเอเลเมนต์

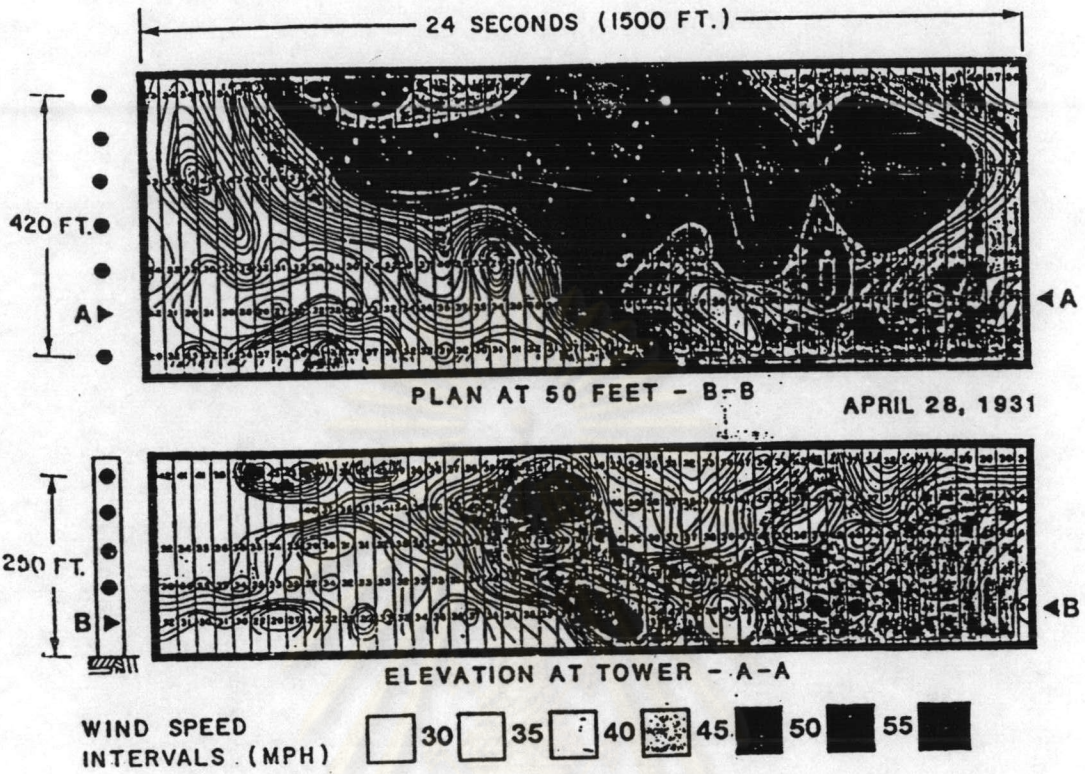




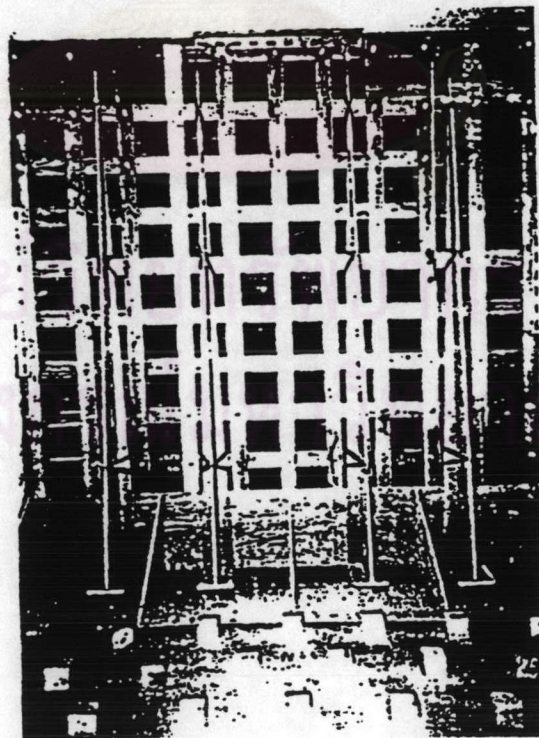
รูปที่ 4.3๗ รูปด้านข้างของแบบจำลองเสาส่งไฟฟ้าและแสดงเอลเมนต์



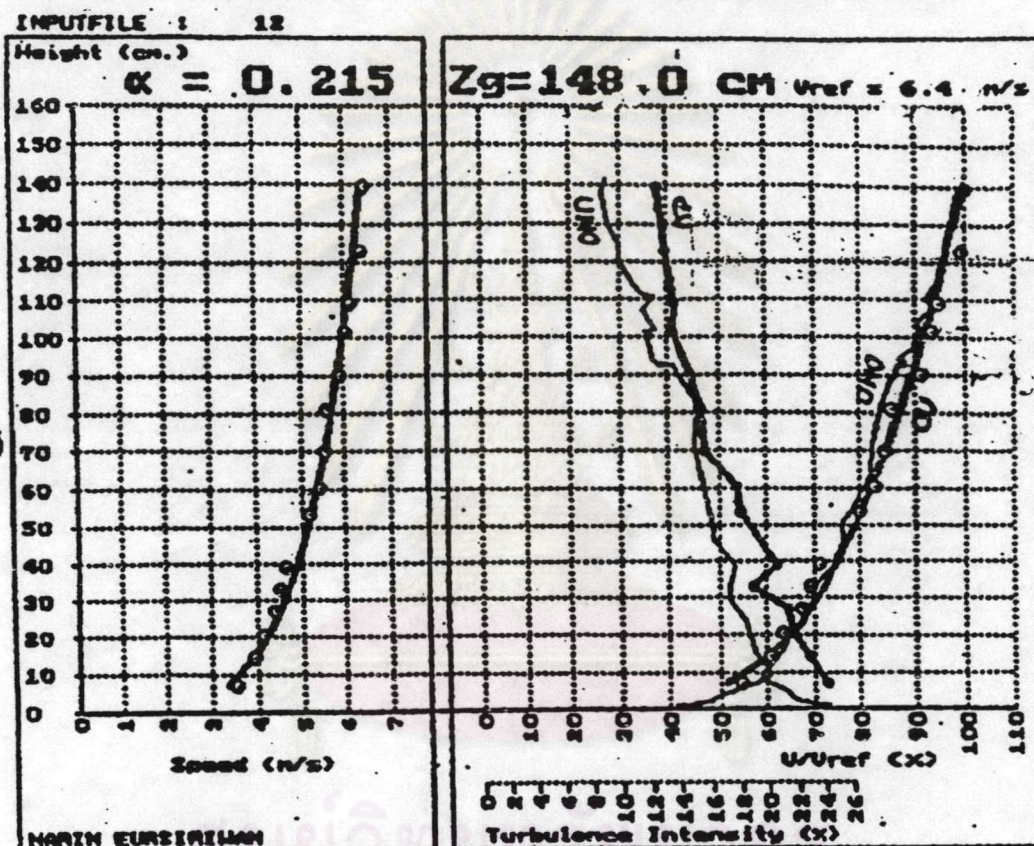
รูปที่ 4.3ข(ต่อ) รูปด้านข้างของแบบจำลองเสาส่งไฟฟ้าและแสดงเอเลเมนต์



รูปที่ 4.4 ความเร็วลมที่ระดับความสูงต่างๆ ที่วัดได้จริงที่ Michigan, 1931



รูปที่ 4.5 การติดตั้งอุปกรณ์ในการทดสอบอุโมงค์ลม



DATE : 16 มี.ช. 2537.

OPERTOR : คุณณภัทร & คุณโสมณ

VM % : 65

GRID : ขนาด 2\*6 นิ้ว (เหล็ก)

SPIRE : ขนาด 10\*150 cm. จำนวน 4 ชั้น.

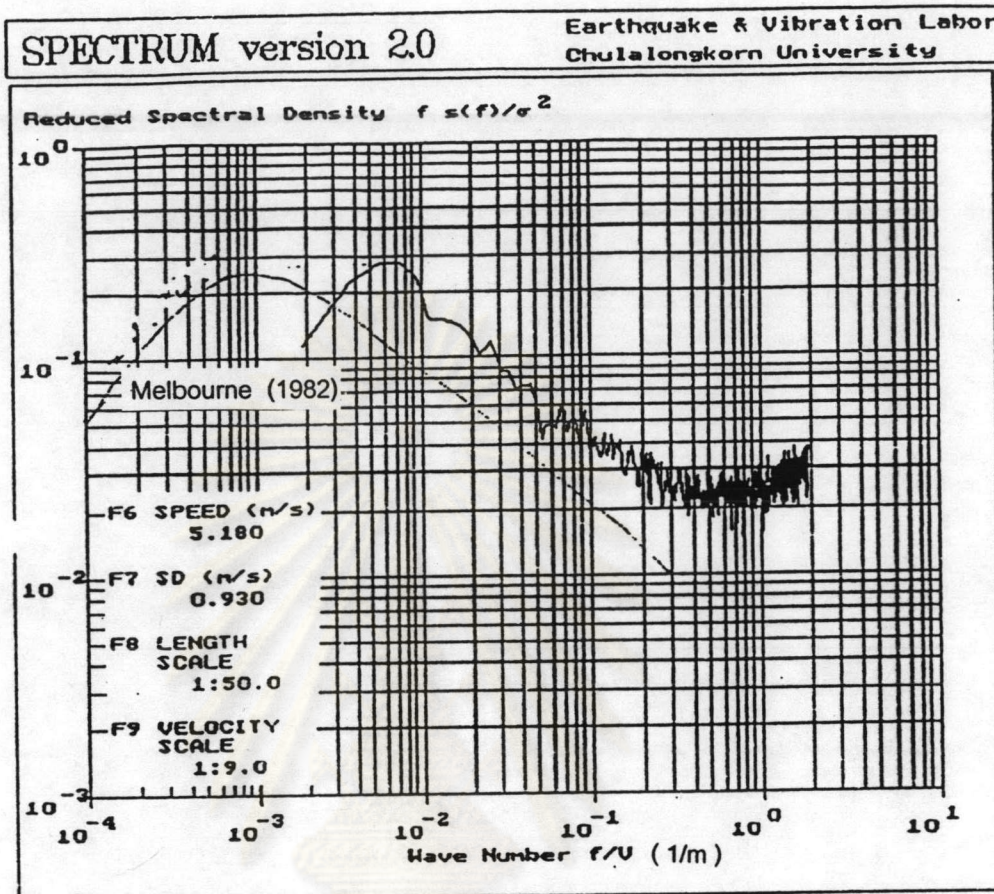
BARRIER : ขนาด 10 นิ้ว

BLOCK : ขนาด 1 นิ้ว จำนวน 4 ชั้น

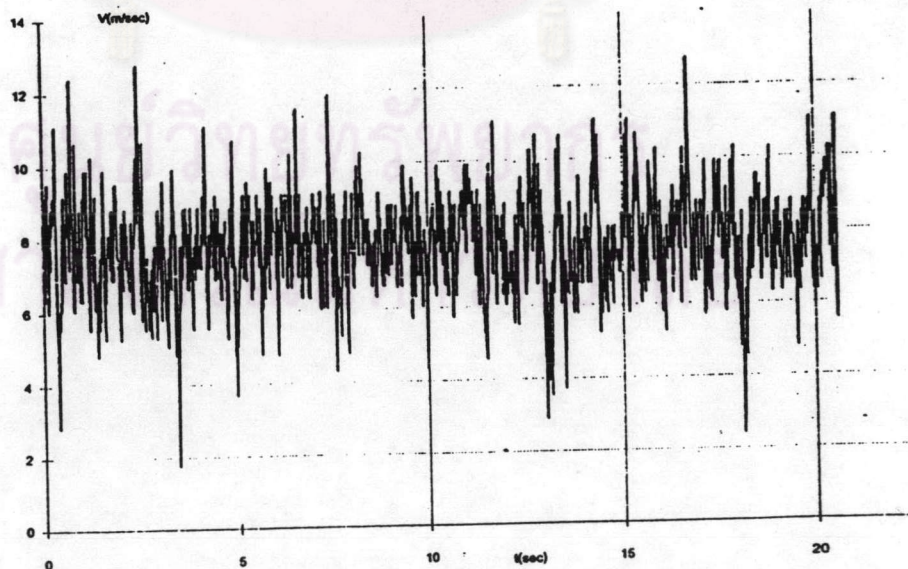
SENSOR : Hot Film

ขนาด 2 นิ้ว จำนวน 1 ชั้น

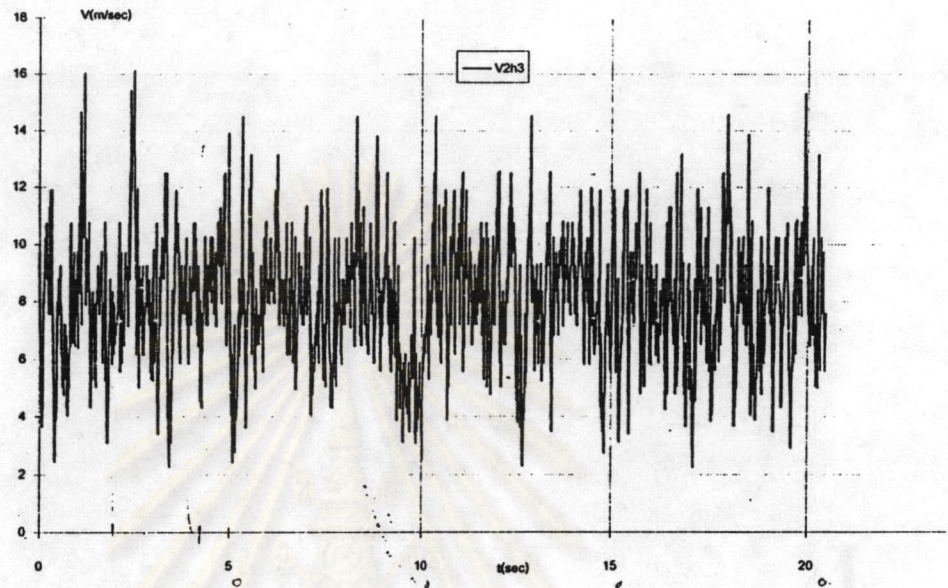
รูปที่ 4.6 รูปแบบ (Profile) ของลมที่ทดสอบในอุโมงค์ลม



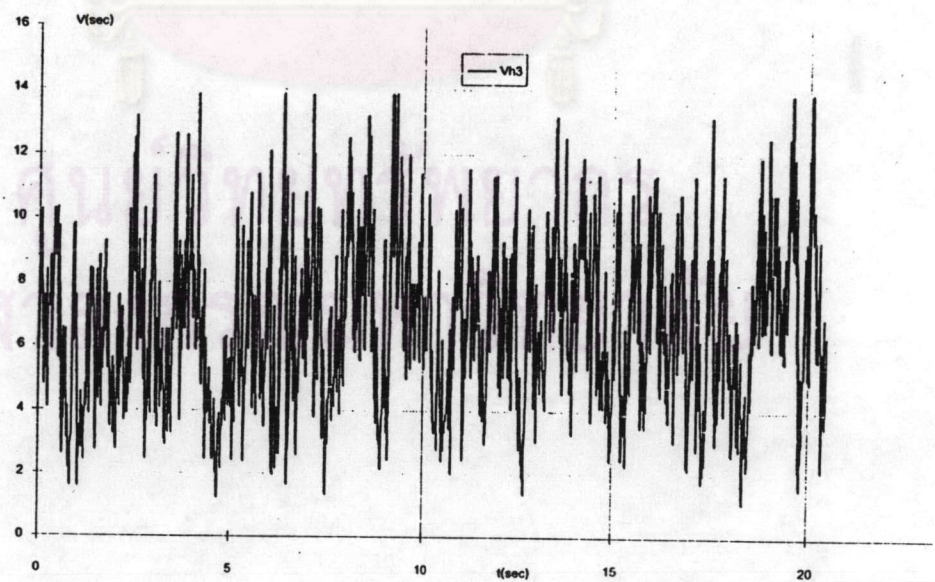
รูปที่ 4.7 แสดงช่วงของพลังงาน (Spectrum) ของความเร็วลม(อุโมงค์ลม)



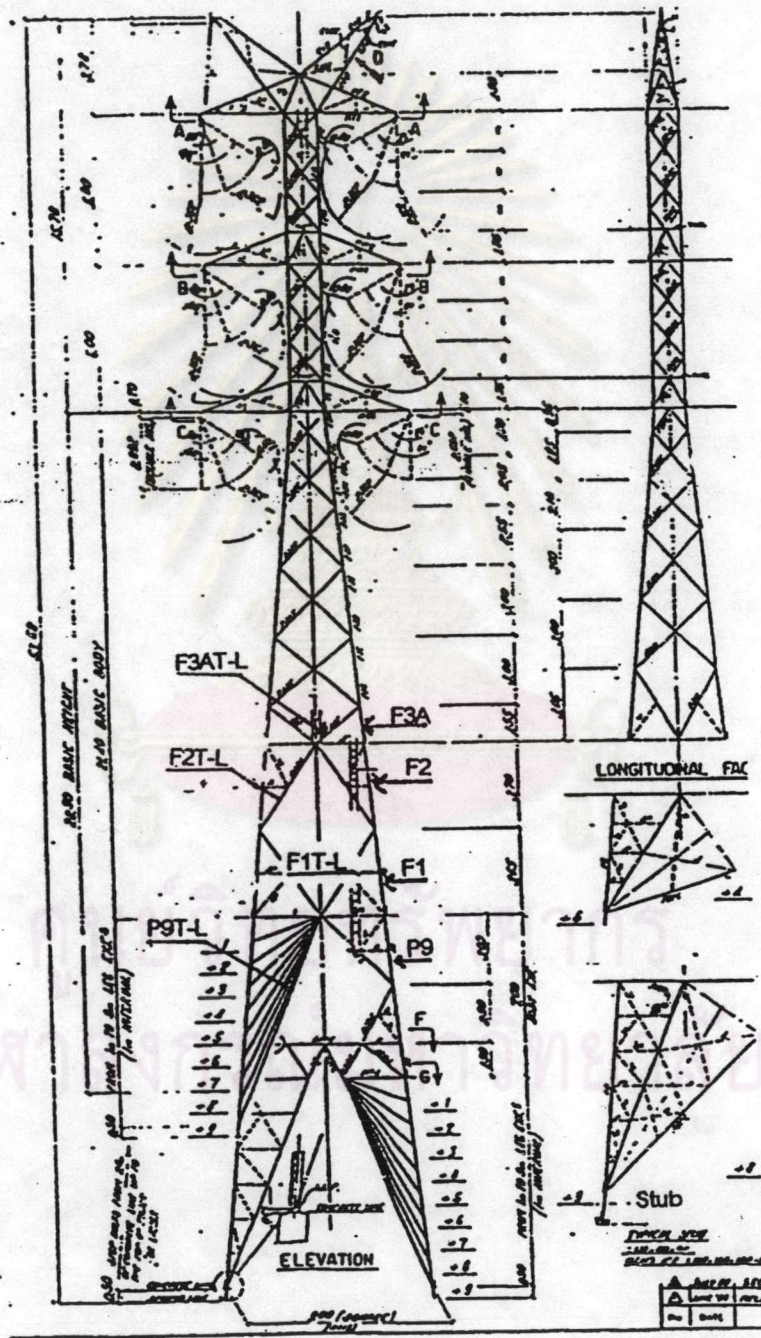
รูปที่ 4.8ก ความเร็วลมที่ระดับ 93.3 ข.ม. จากการทดสอบในอุโมงค์ลม



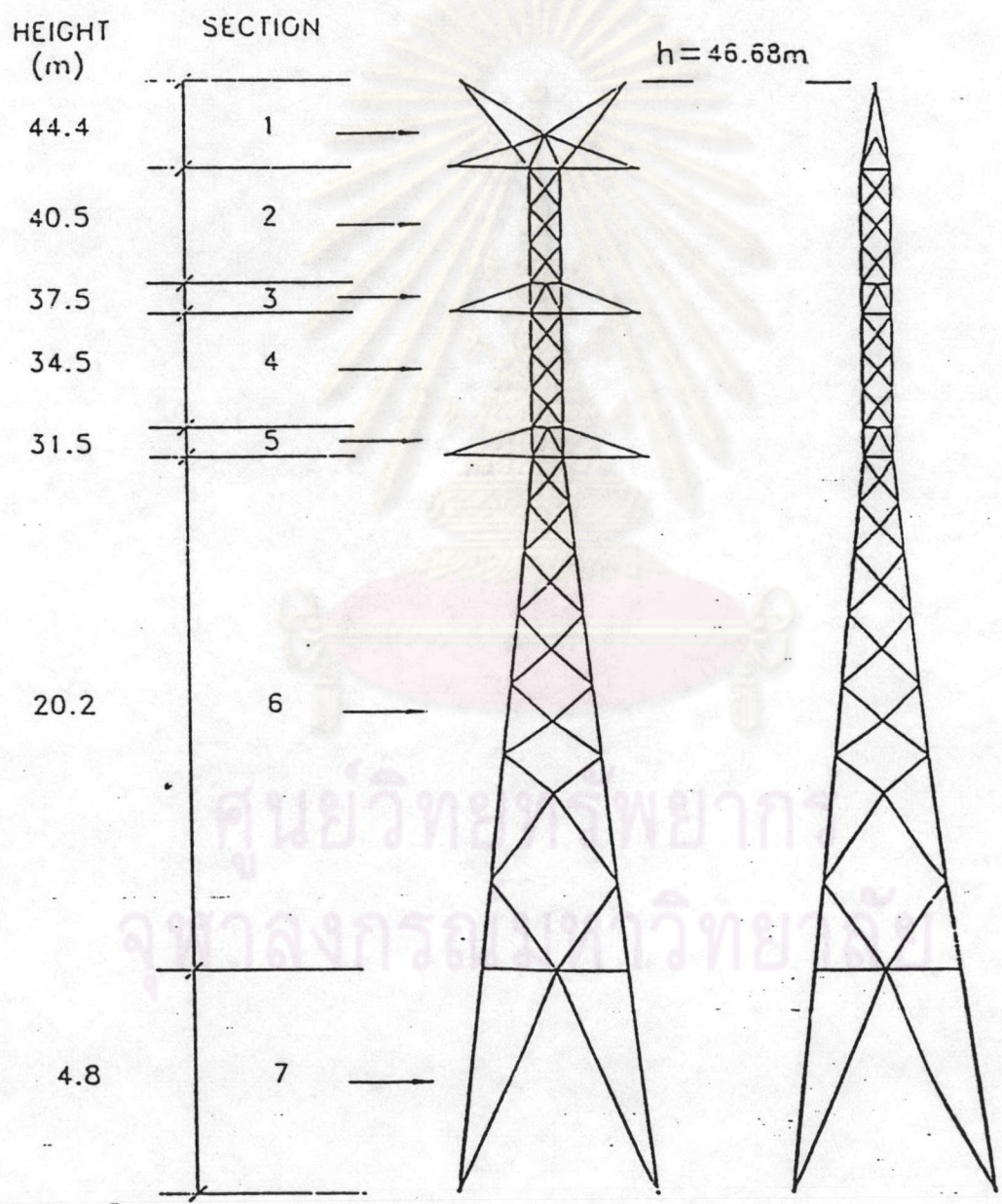
รูปที่ 4.8ข ความเร็วลมที่ระดับ 62.2 ซ.ม จากการทดสอบในอุโมงค์ลม



รูปที่ 4.8ค ความเร็วลมที่ระดับ 31.1 ซ.ม จากการทดสอบในอุโมงค์ลม

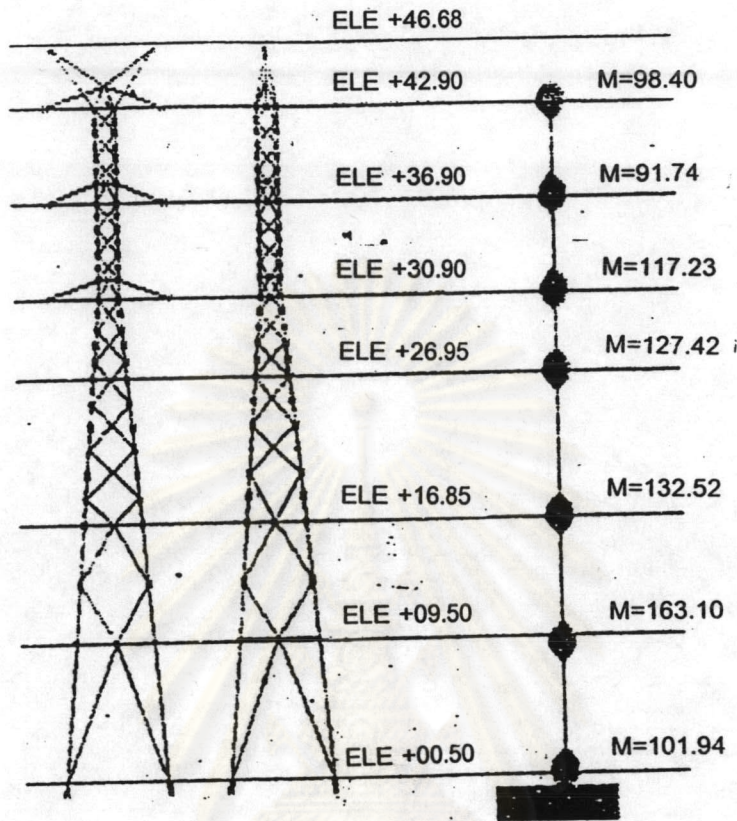


รูปที่ 5.1 ชิ้นส่วนของเสาส่งไฟฟ้า DA1. ที่พิจารณา

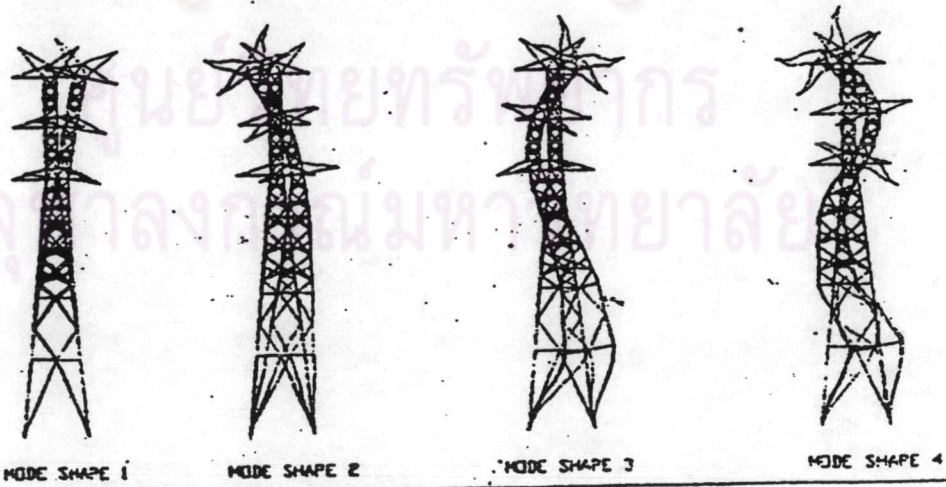


รูปที่ 5.2 รูปแสดงการแบ่งส่วนในแบบจำลองเสาส่งไฟฟ้าตามข้อกำหนด UWO.

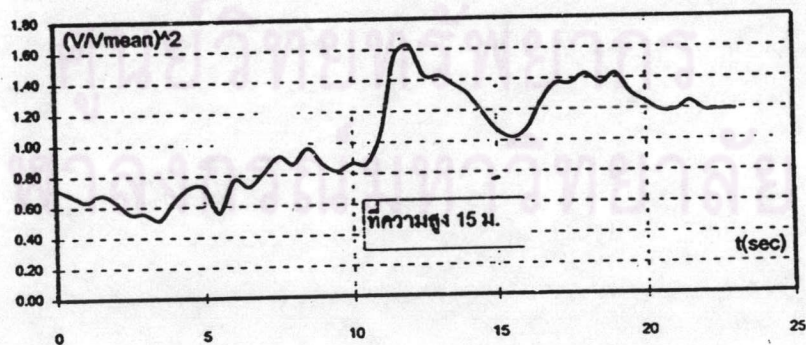
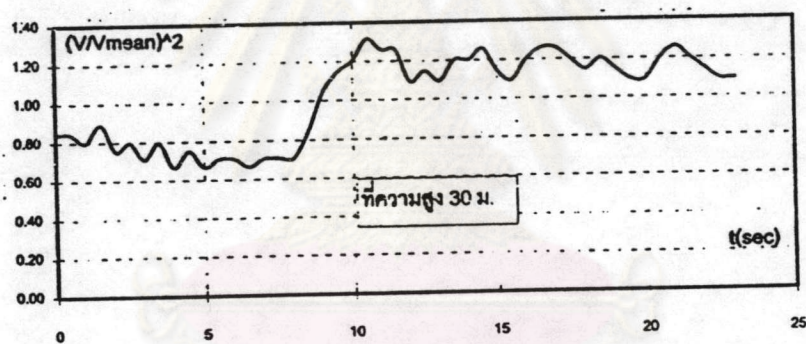
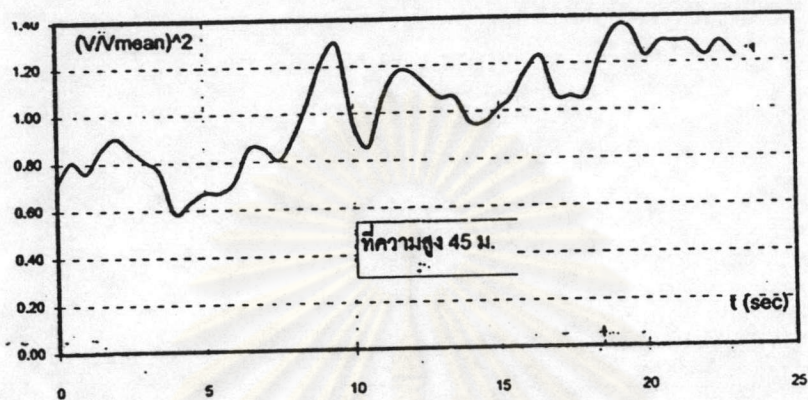




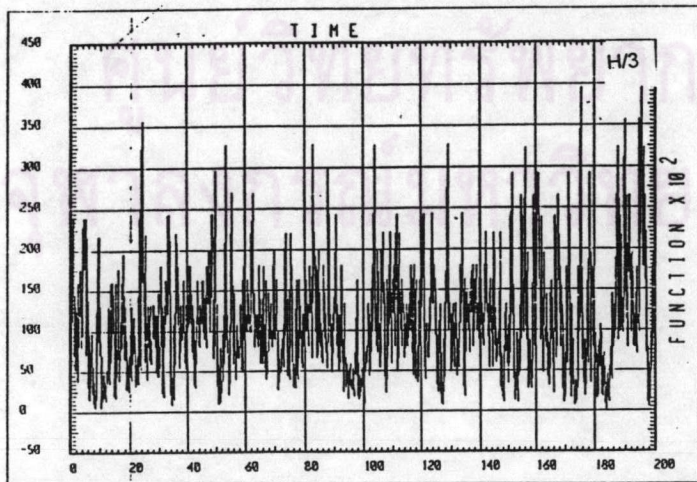
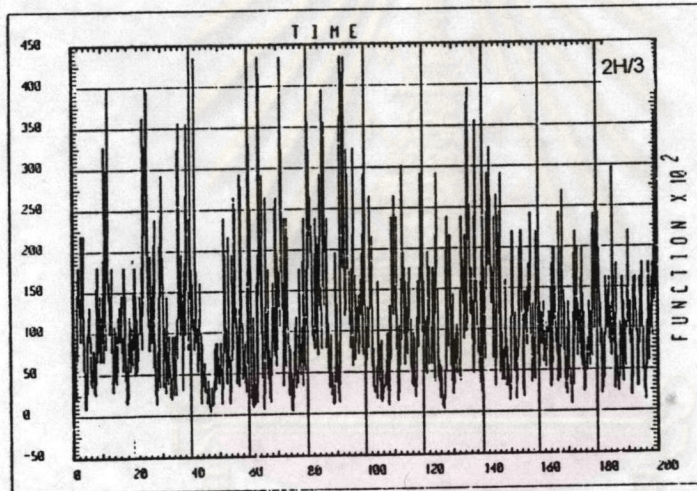
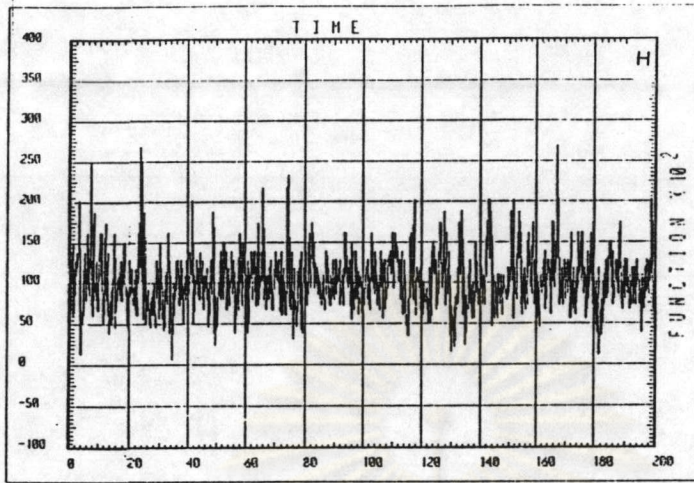
รูปที่ 5.3 รูปแบบการจำลองเสาส่งไฟฟ้าเพื่อการวิเคราะห์ทางพลศาสตร์



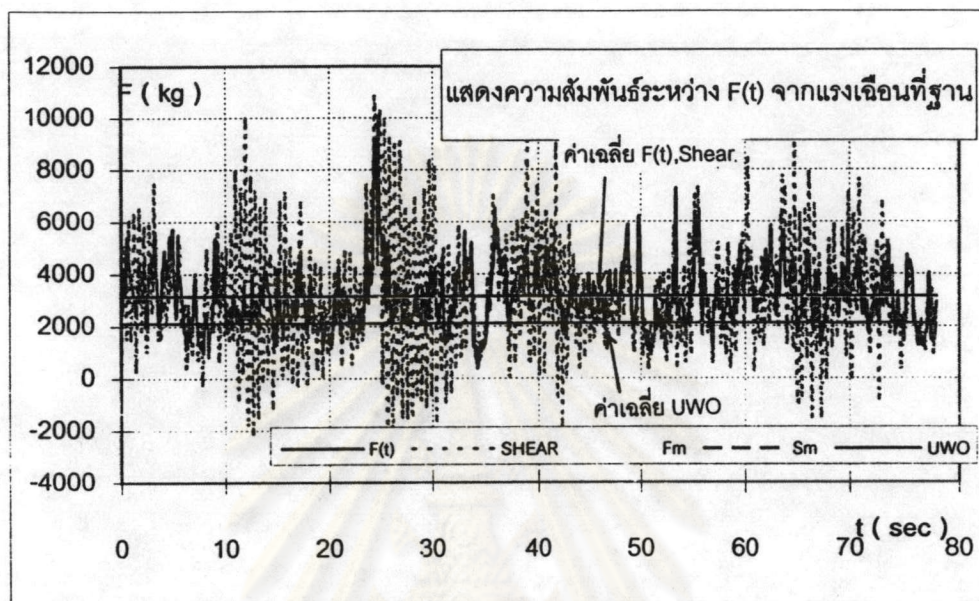
รูปที่ 5.4 รูปแสดงการเคลื่อนที่ในโหมดต่างๆ ของเสาส่งในทิศตั้งฉากกับสายส่ง



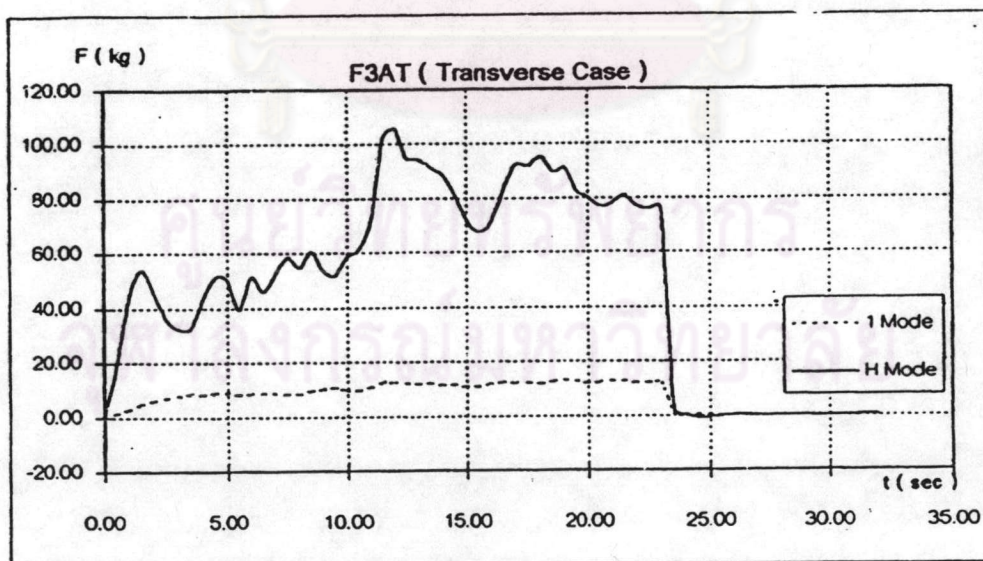
รูปที่ 5.5ก ฟังก์ชัน  $(V/\bar{V})^2$  ของแหล่งลมจาก Michigan, 1931



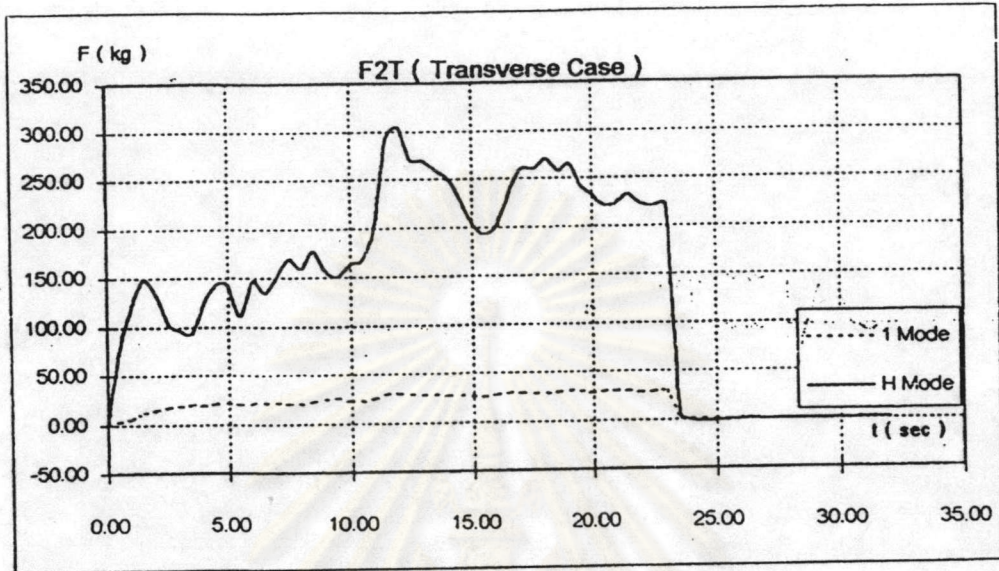
รูปที่. 5.5ฯ ฟังก์ชัน  $(V/\bar{V})^2$  ของแหล่งลมจากการทดสอบในอุโมงค์ลม



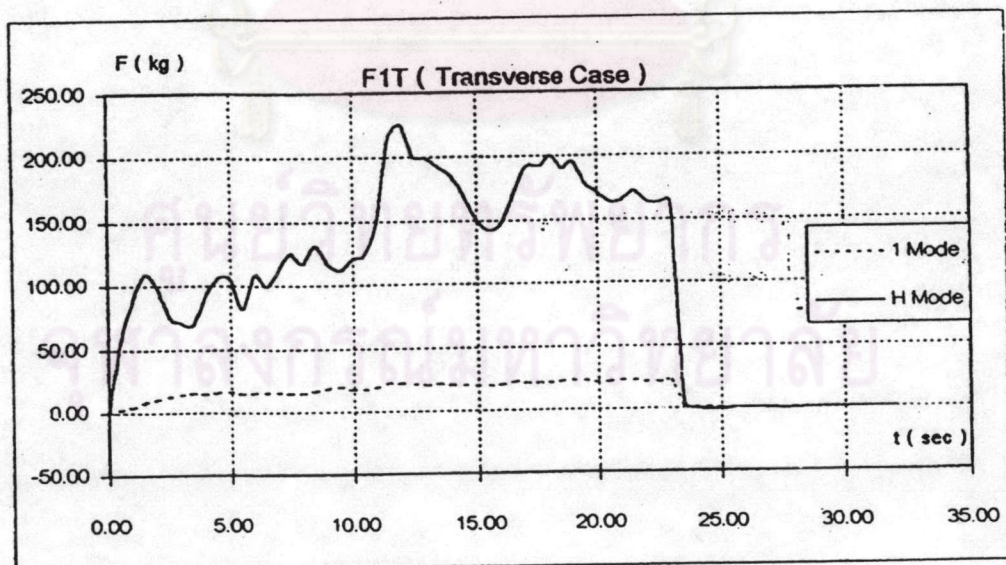
รูปที่. 5.6 ลักษณะของแรงเฉือนที่ฐานและแรงภายนอกที่กระทำต่อเสาส่ง



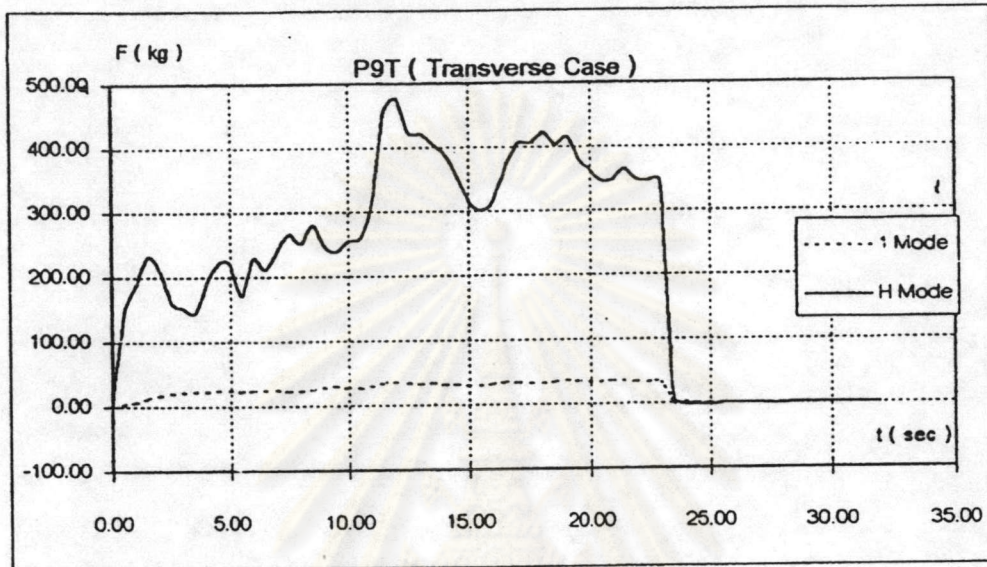
รูปที่. 5.7.1 ผลพลศาสตร์ของชิ้นส่วน F3AT เนื่องจากแรงลมที่ Michigan, 1931  
ในทิศตั้งฉากกับสายส่งไฟฟ้า



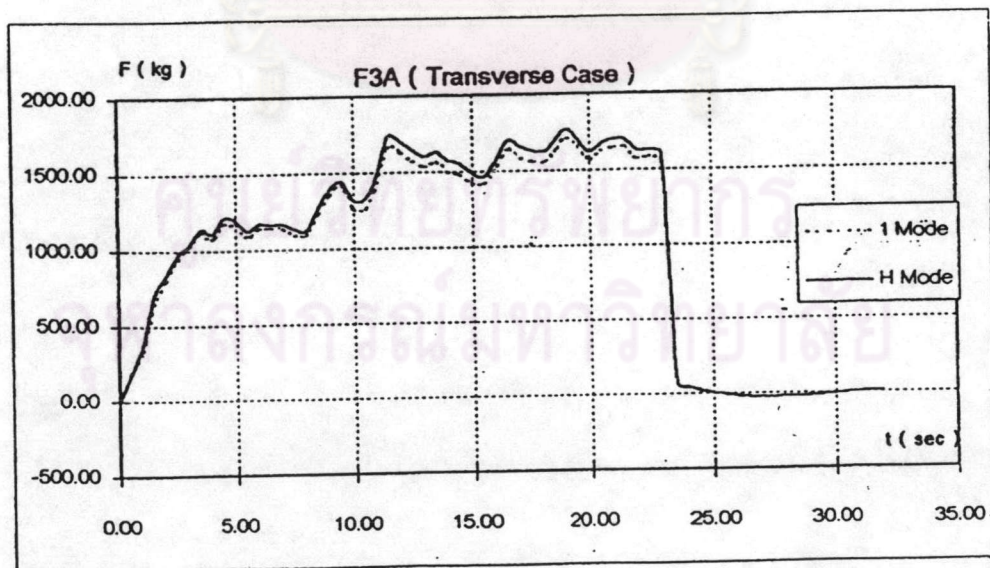
รูปที่. 5.7.2 ผลพลศาสตร์ของชิ้นส่วน F2T เนื่องจากแรงลมที่ Michigan, 1931  
ในทิศตั้งฉากกับสายส่งไฟฟ้า



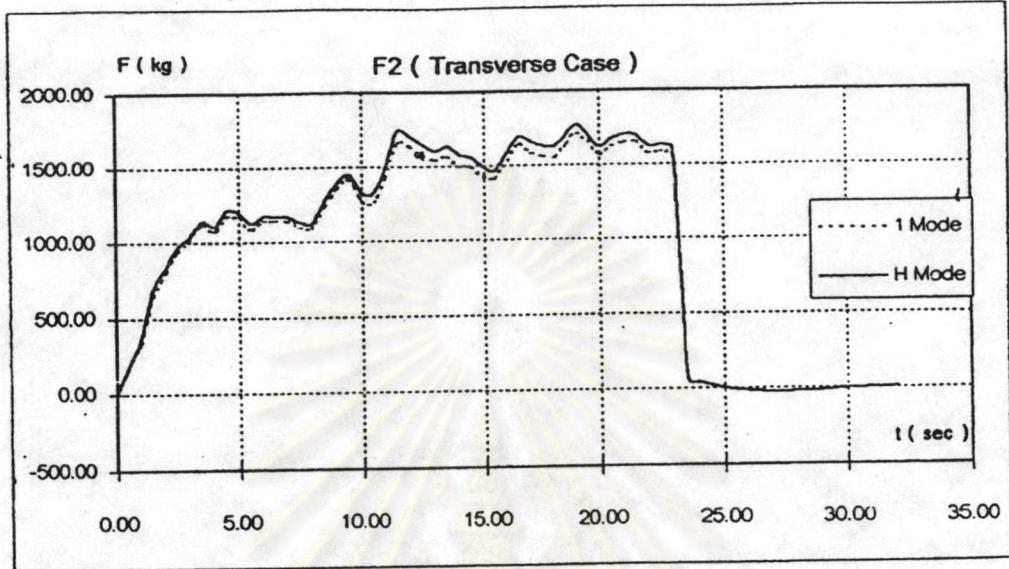
รูปที่. 5.7.3 ผลพลศาสตร์ของชิ้นส่วน F1T เนื่องจากแรงลมที่ Michigan, 1931  
ในทิศตั้งฉากกับสายส่งไฟฟ้า



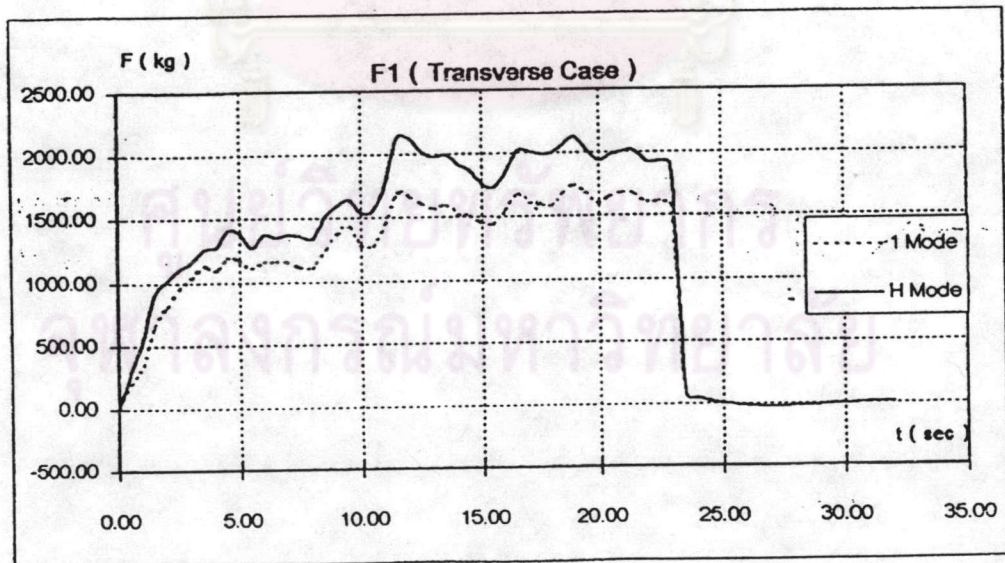
รูปที่. 5.7.4 ผลพลศาสตร์ของชิ้นส่วน P9T เนื่องจากแรงลมที่ Michigan, 1931  
ในทิศตั้งฉากกับสายส่งไฟฟ้า



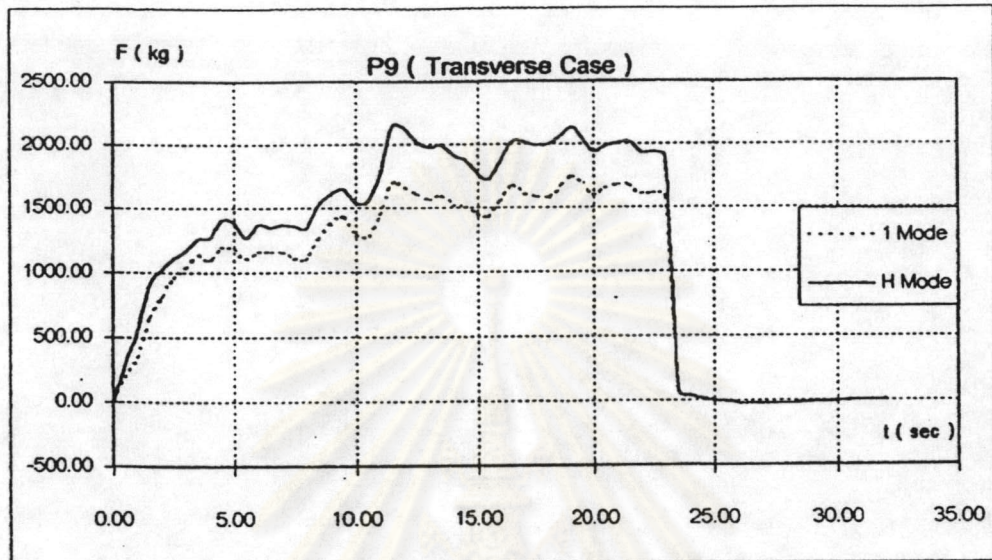
รูปที่. 5.7.5 ผลพลศาสตร์ของชิ้นส่วน F3A เนื่องจากแรงลมที่ Michigan, 1931  
ในทิศตั้งฉากกับสายส่งไฟฟ้า



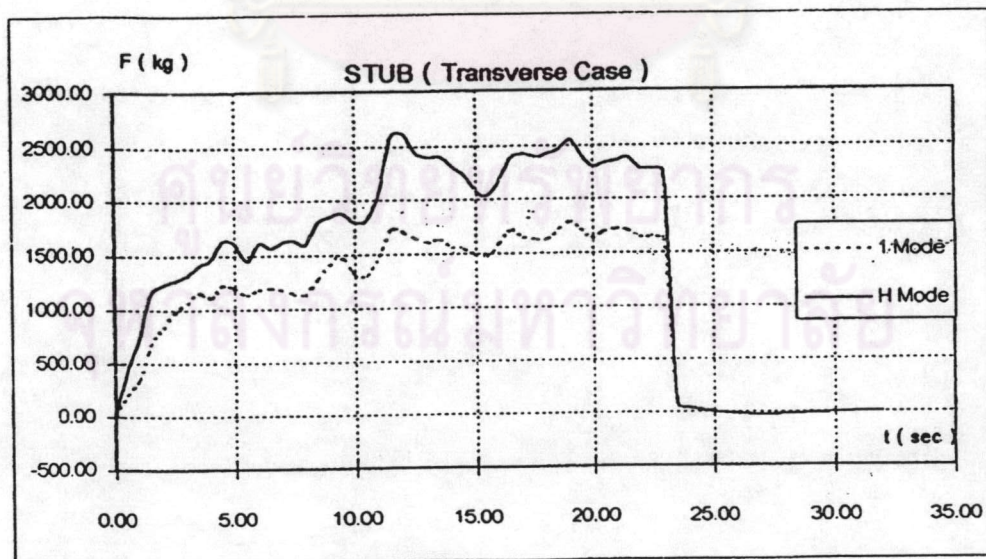
รูปที่. 5.7.6 ผลพลศาสตร์ของชิ้นส่วน F2 เนื่องจากแรงลมที่ Michigan, 1931  
ในทิศตั้งฉากกับสายส่งไฟฟ้า



รูปที่. 5.7.7 ผลพลศาสตร์ของชิ้นส่วน F1 เนื่องจากแรงลมที่ Michigan, 1931  
ในทิศตั้งฉากกับสายส่งไฟฟ้า

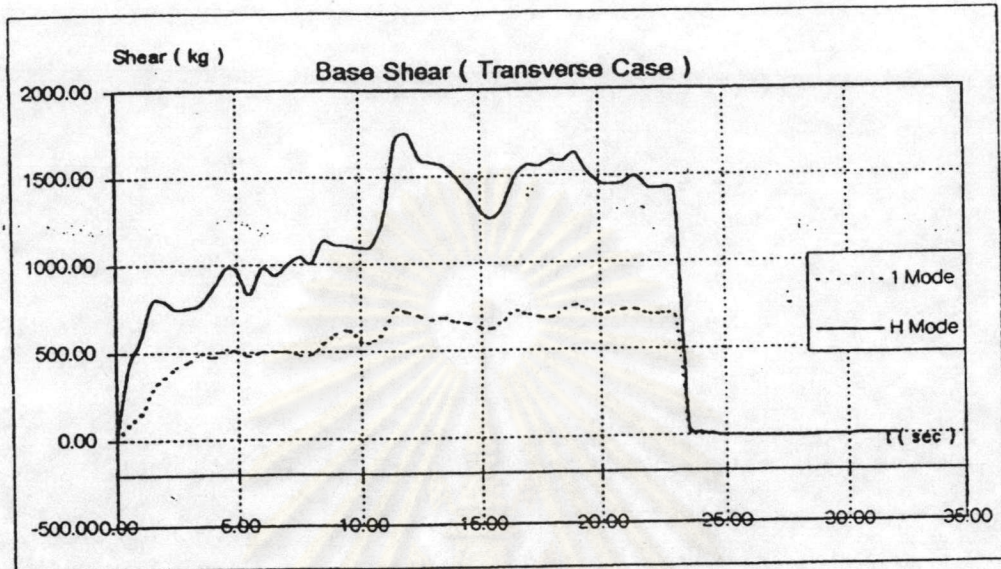


รูปที่ 5.7.8 ผลพลศาสตร์ของชิ้นส่วน P9 เนื่องจากแรงลมที่ Michigan, 1931  
ในทิศตั้งฉากกับสายส่งไฟฟ้า

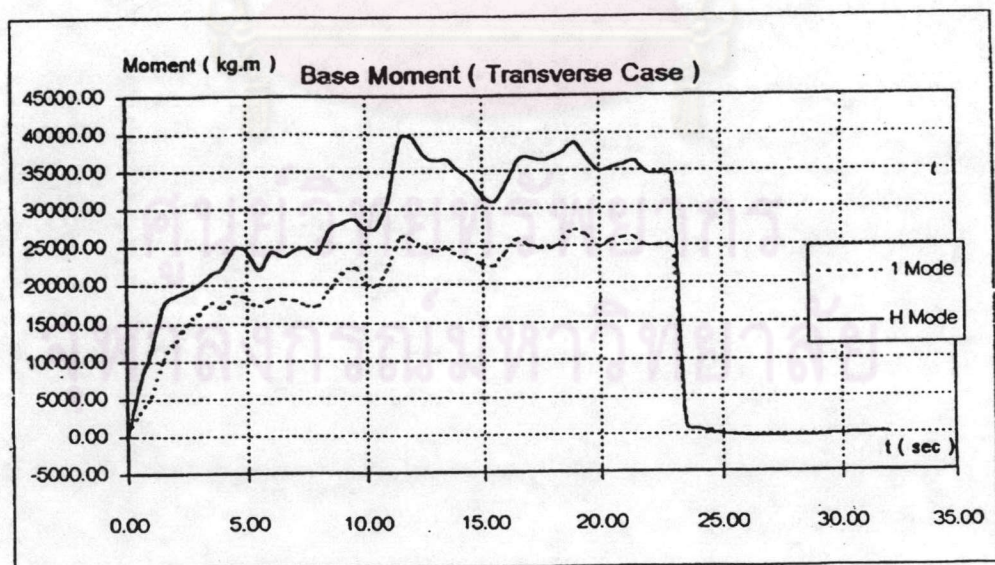


รูปที่ 5.7. 9 ผลพลศาสตร์ของชิ้นส่วน Stub เนื่องจากแรงลมที่ Michigan, 1931  
ในทิศตั้งฉากกับสายส่งไฟฟ้า

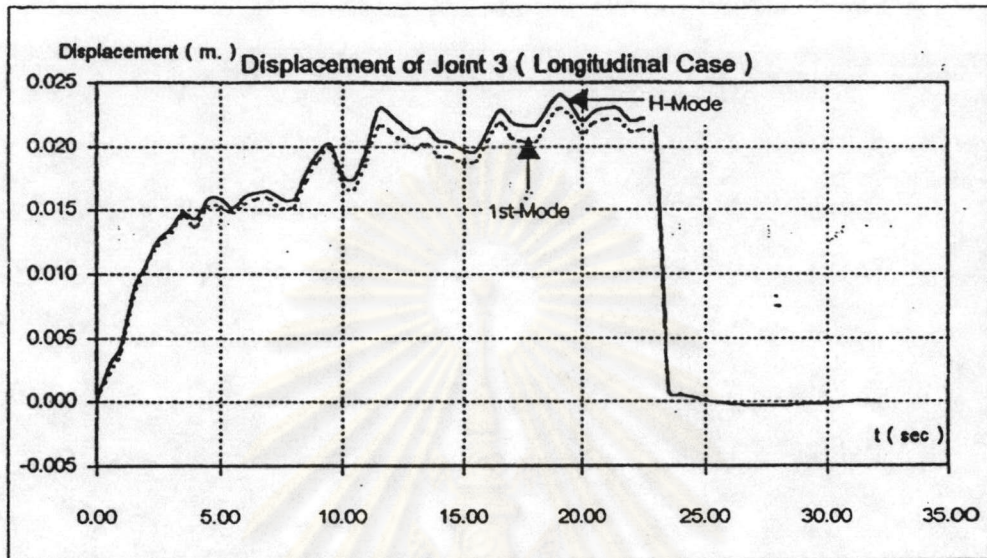




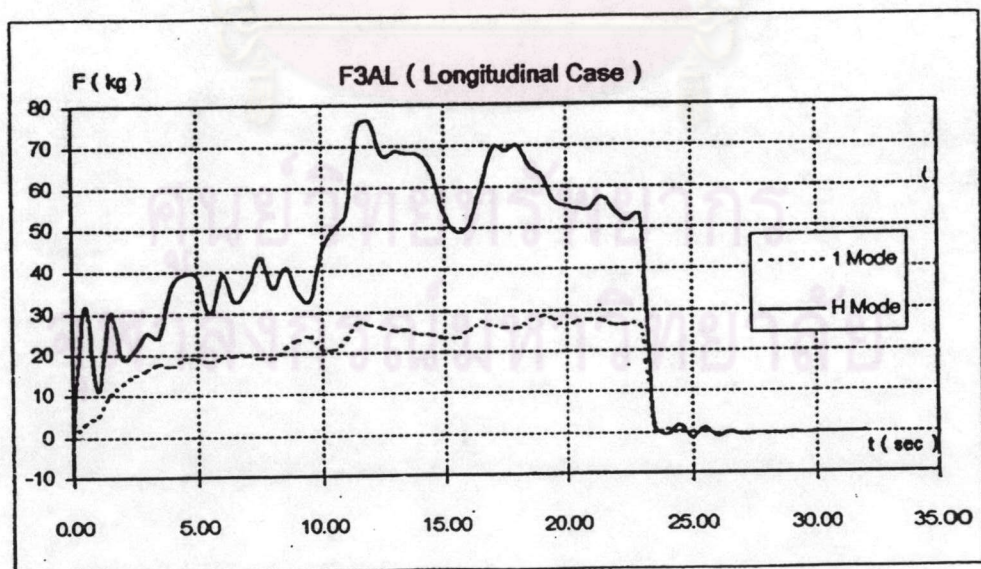
รูปที่. 5.7.10 ผลพลศาสตร์ของแรงเฉือนที่ฐาน เนื่องจากแรงลมที่ Michigan,1931  
ในทิศตั้งฉากกับสายส่งไฟฟ้า



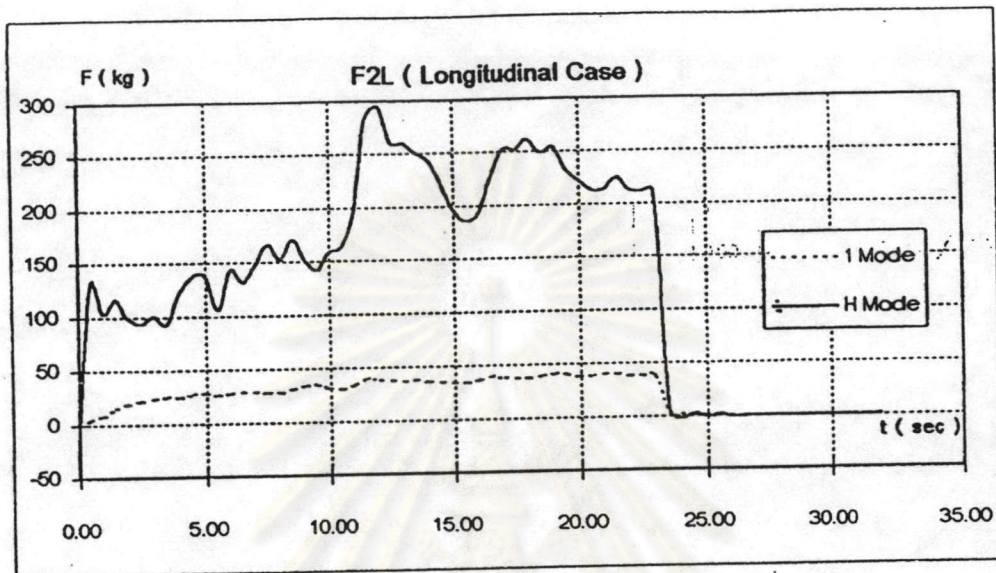
รูปที่. 5.7.11 ผลพลศาสตร์ของโมเมนต์ที่ฐาน เนื่องจากแรงลมที่ Michigan,1931  
ในทิศตั้งฉากกับสายส่งไฟฟ้า



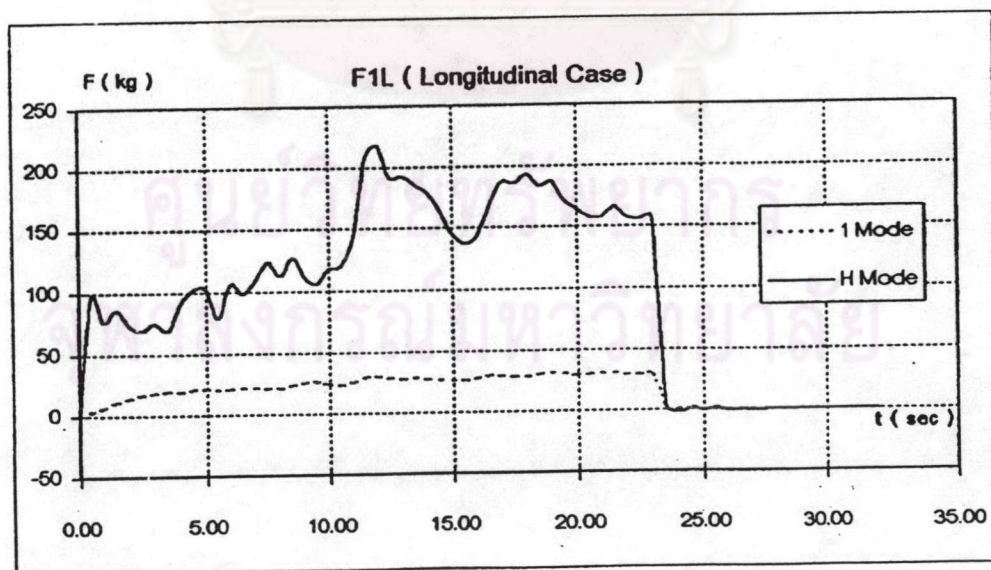
รูปที่. 5.8 ผลการเคลื่อนที่ของจุดที่ 3 ของเสาส่งไฟฟ้าด้านพลศาสตร์เนื่องจากแรงลมที่ Michigan, 1931 ในทิศทางกับสายส่งไฟฟ้า



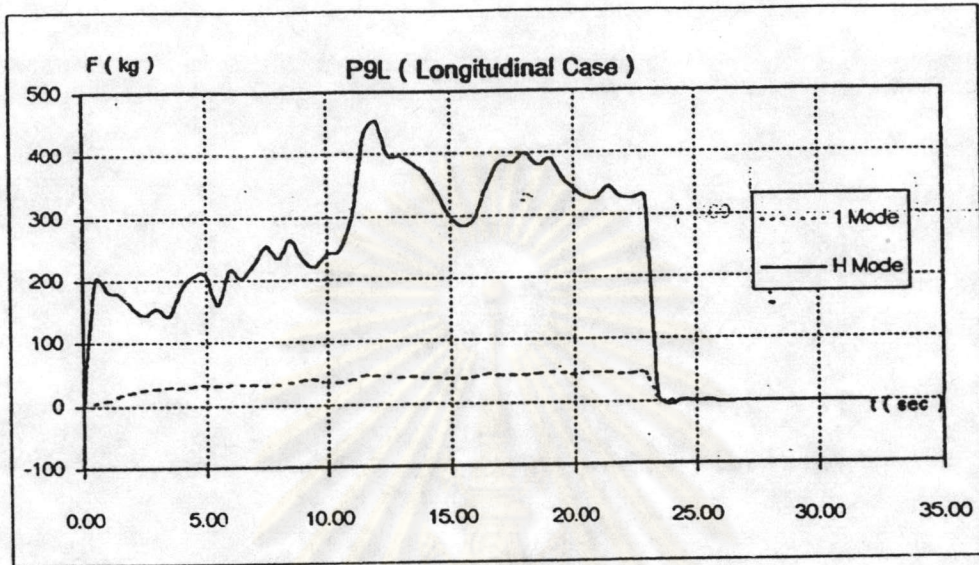
รูปที่. 5.9.1 ผลพลศาสตร์ของชิ้นส่วน F3AL เนื่องจากแรงลมที่ Michigan, 1931 ในทิศทางกับสายส่งไฟฟ้า



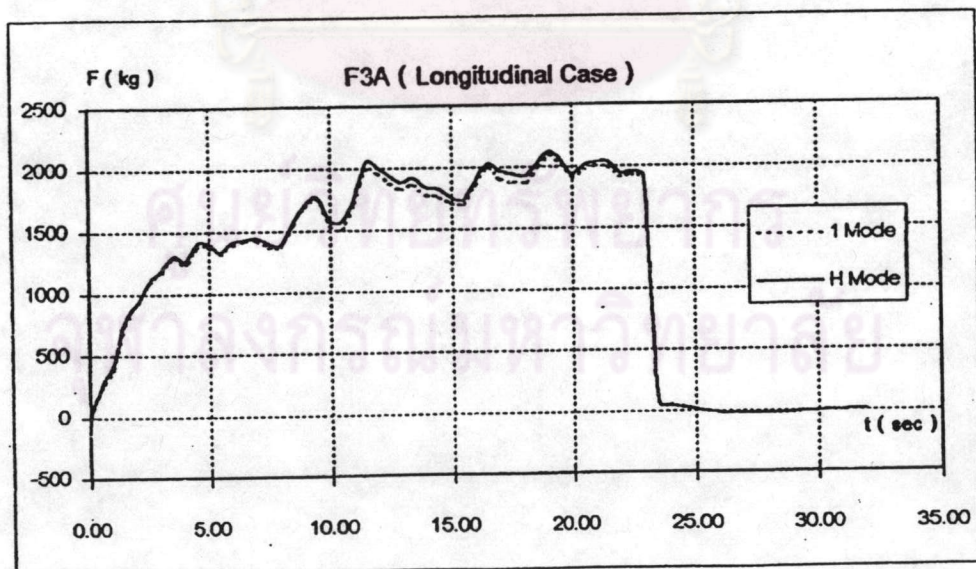
รูปที่. 5.9.2 ผลพลศาสตร์ของชิ้นส่วน F2L เนื่องจากแรงลมที่ Michigan,1931  
ในทิศขนานกับสายส่งไฟฟ้า



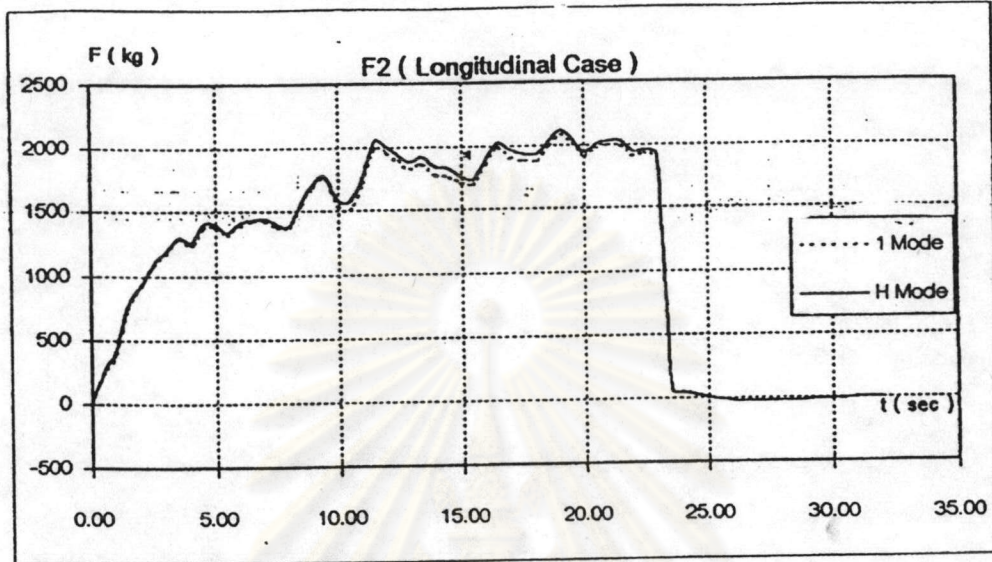
รูปที่. 5.9.3 ผลพลศาสตร์ของชิ้นส่วน F1L เนื่องจากแรงลมที่ Michigan,1931  
ในทิศขนานกับสายส่งไฟฟ้า



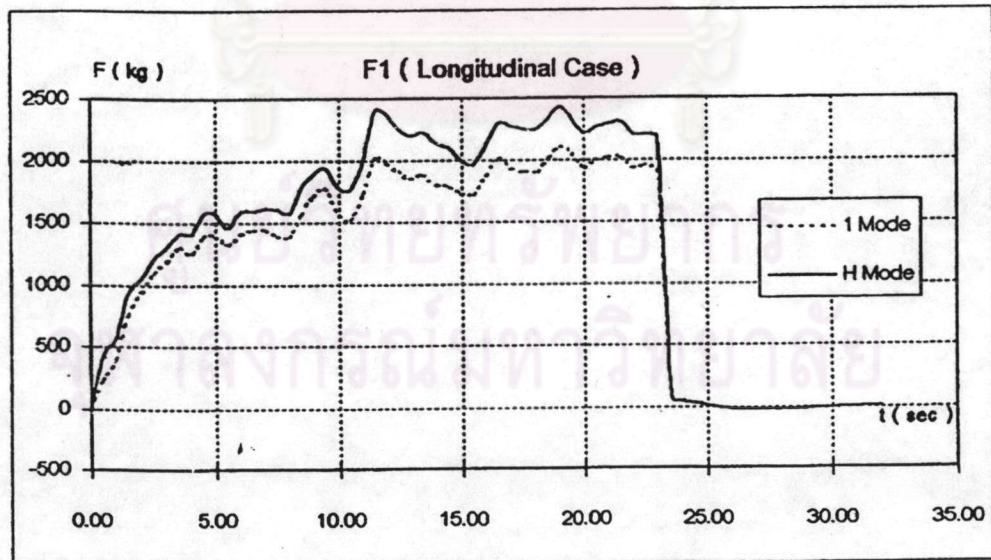
รูปที่. 5.9.4 ผลพลศาสตร์ของชิ้นส่วน P9L เนื่องจากแรงลมที่ Michigan, 1931  
ในทิศขนานกับสายส่งไฟฟ้า



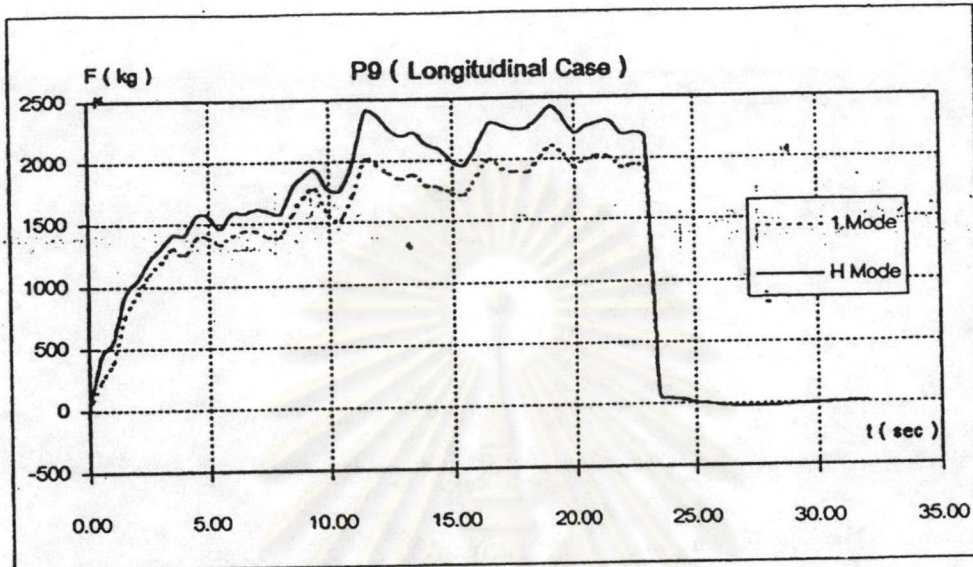
รูปที่. 5.9.5 ผลพลศาสตร์ของชิ้นส่วน F3A เนื่องจากแรงลมที่ Michigan, 1931  
ในทิศขนานกับสายส่งไฟฟ้า



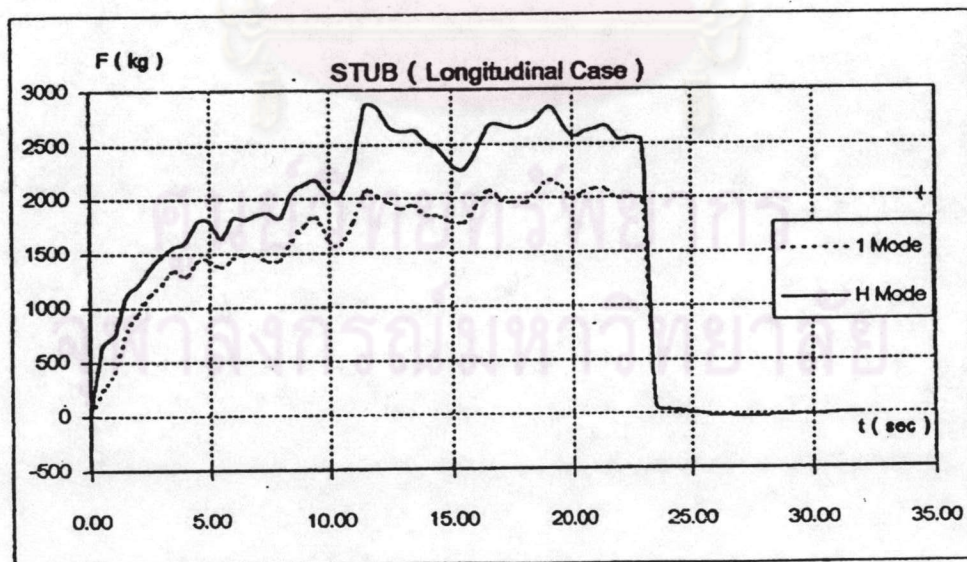
รูปที่. 5.9.6 ผลพลศาสตร์ของชิ้นส่วน F2 เนื่องจากแรงลมที่ Michigan, 1931  
ในทิศทางานกับสายส่งไฟฟ้า



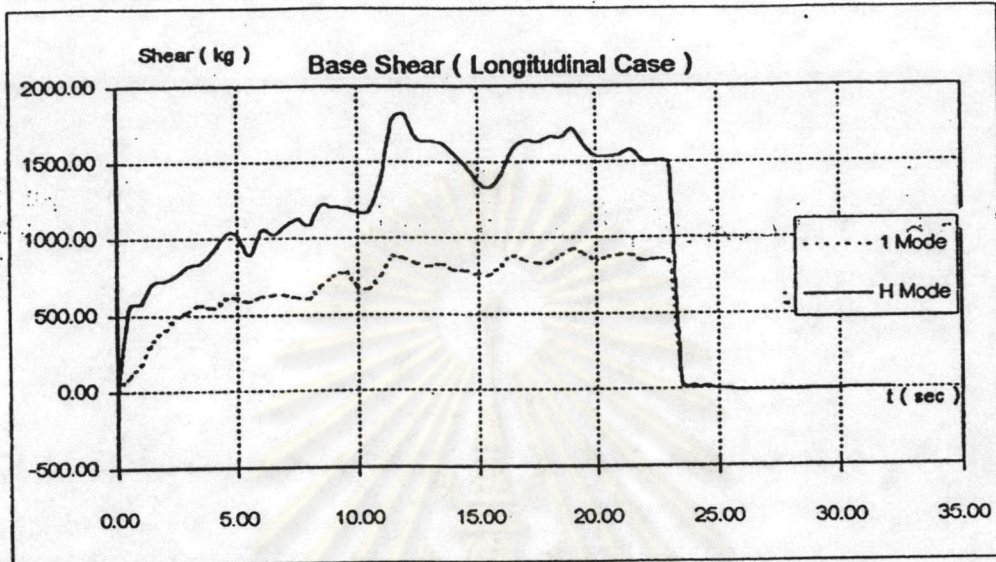
รูปที่. 5.9.7 ผลพลศาสตร์ของชิ้นส่วน F1 เนื่องจากแรงลมที่ Michigan, 1931  
ในทิศทางานกับสายส่งไฟฟ้า



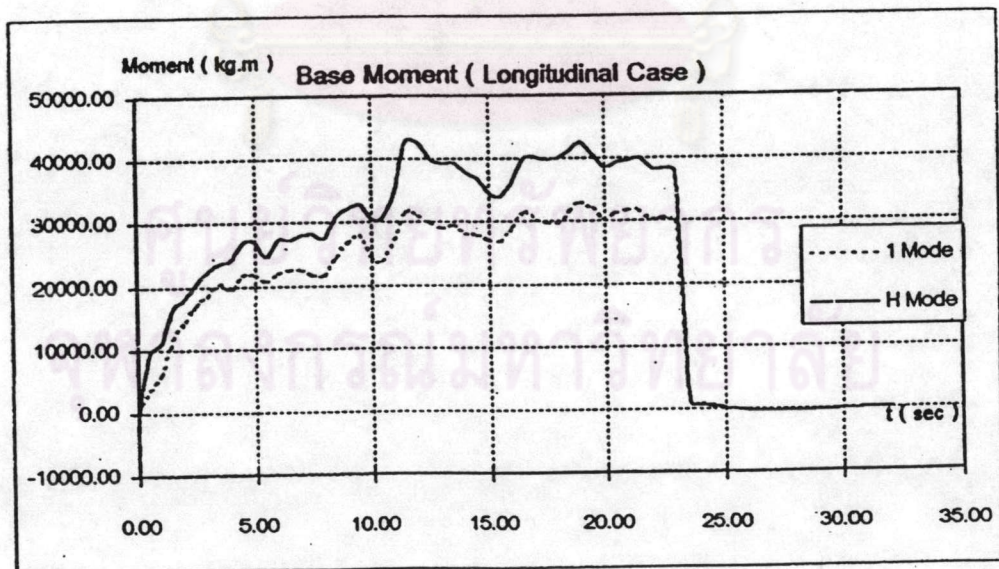
รูปที่. 5.9.8 ผลพลศาสตร์ของชิ้นส่วน P9 เนื่องจากแรงลมที่ Michigan, 1931  
ในทิศทางานกับสายส่งไฟฟ้า



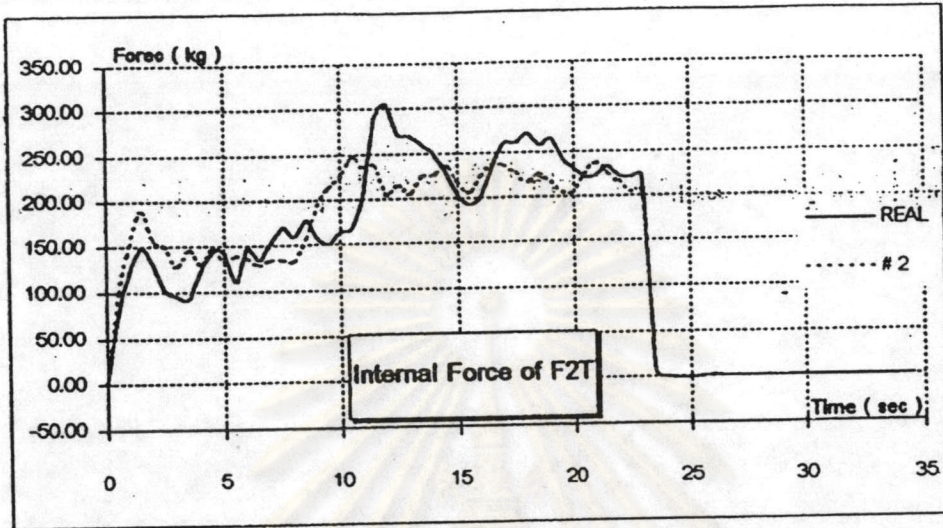
รูปที่. 5.9.9 ผลพลศาสตร์ของชิ้นส่วน Stub เนื่องจากแรงลมที่ Michigan, 1931  
ในทิศทางานกับสายส่งไฟฟ้า



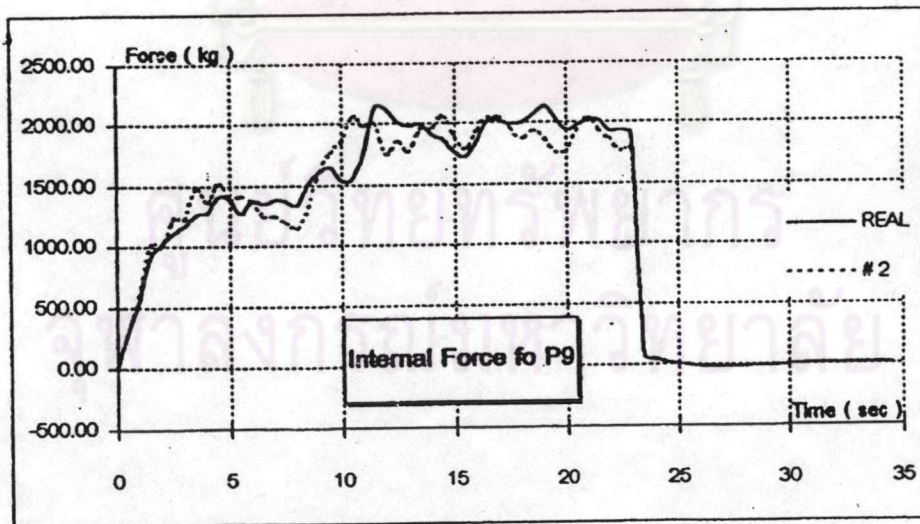
รูปที่. 5.9.10 ผลพลศาสตร์ของแรงเฉือนที่ฐาน เนื่องจากแรงลมที่ Michigan, 1931  
ในทิศทางขนานกับสายส่งไฟฟ้า



รูปที่. 5.9.11 ผลพลศาสตร์ของโมเมนต์ที่ฐาน เนื่องจากแรงลมที่ Michigan, 1931  
ในทิศทางขนานกับสายส่งไฟฟ้า

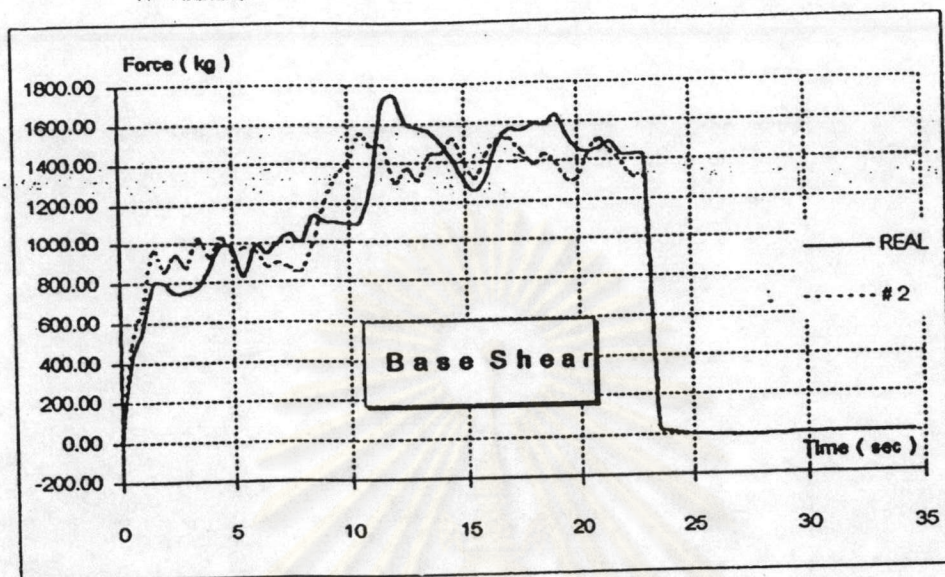


รูปที่. 5.10.1 ผลพลศาสตร์ของชิ้นส่วน F2T ระหว่างการใช้ฟังก์ชันจริงกับใช้ฟังก์ชันเดียว (ที่ระดับกึ่งกลางของเสาส่ง) จากแรงลมที่ Michigan, 1931 ในทิศตั้งฉากกับสายส่งไฟฟ้า

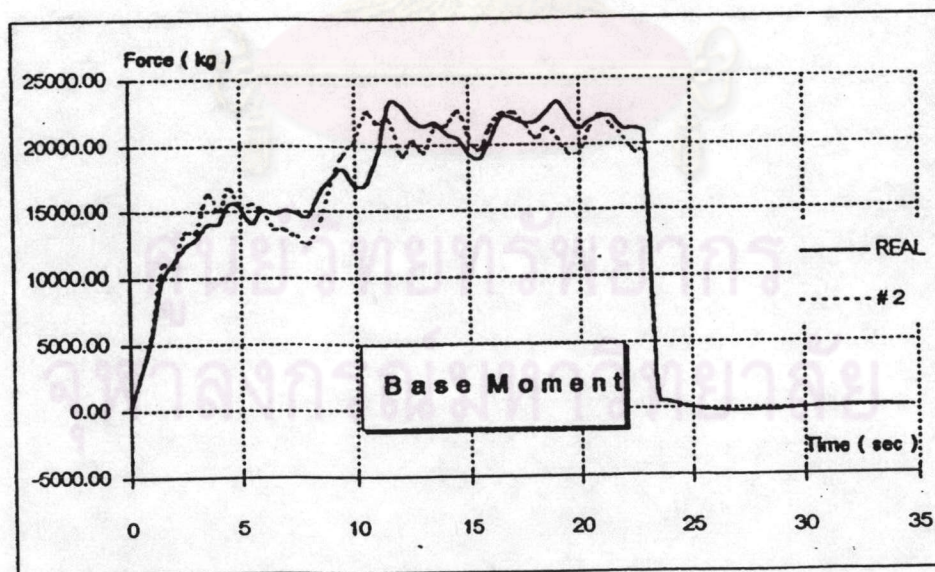


รูปที่. 5.10.2 ผลพลศาสตร์ของชิ้นส่วน P9 ระหว่างการใช้ฟังก์ชันจริง กับใช้ฟังก์ชันเดียว (ที่ระดับกึ่งกลางของเสาส่ง) จากแรงลมที่ Michigan, 1931 ในทิศตั้งฉากกับสายส่งไฟฟ้า

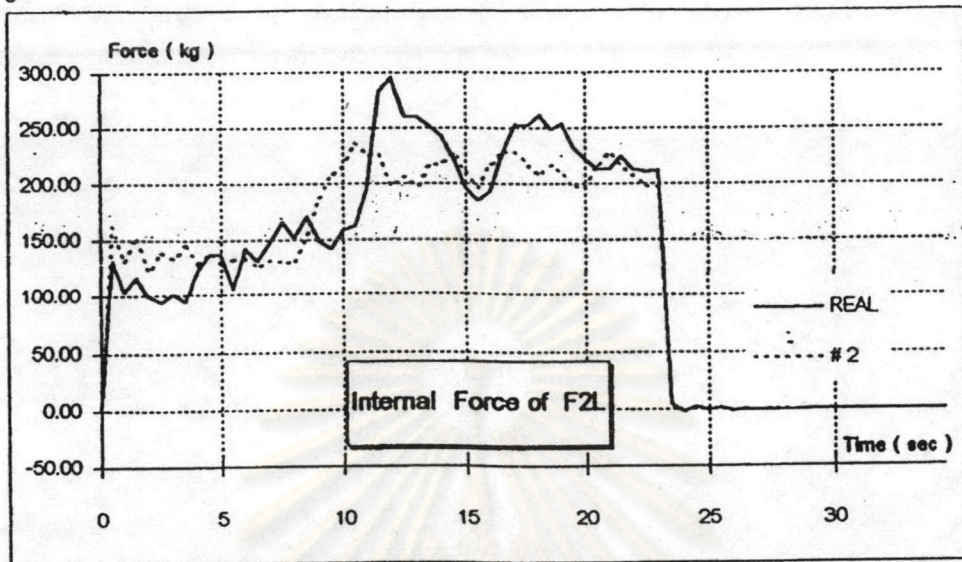




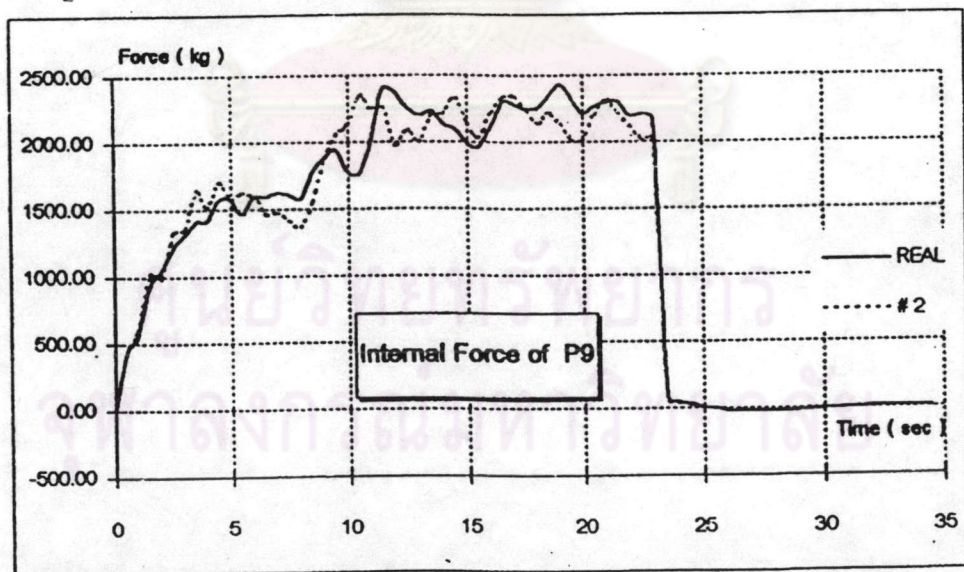
รูปที่ 5.10.3 ผลพลศาสตร์ของแรงเฉือนที่ฐานระหว่างการใช้ฟังก์ชันจริงกับใช้ฟังก์ชันเดียว (ที่ระดับกึ่งกลางของเสาสูง) จากแรงลมที่ Michigan, 1931 ในทิศตั้งฉากกับสายส่งไฟฟ้า



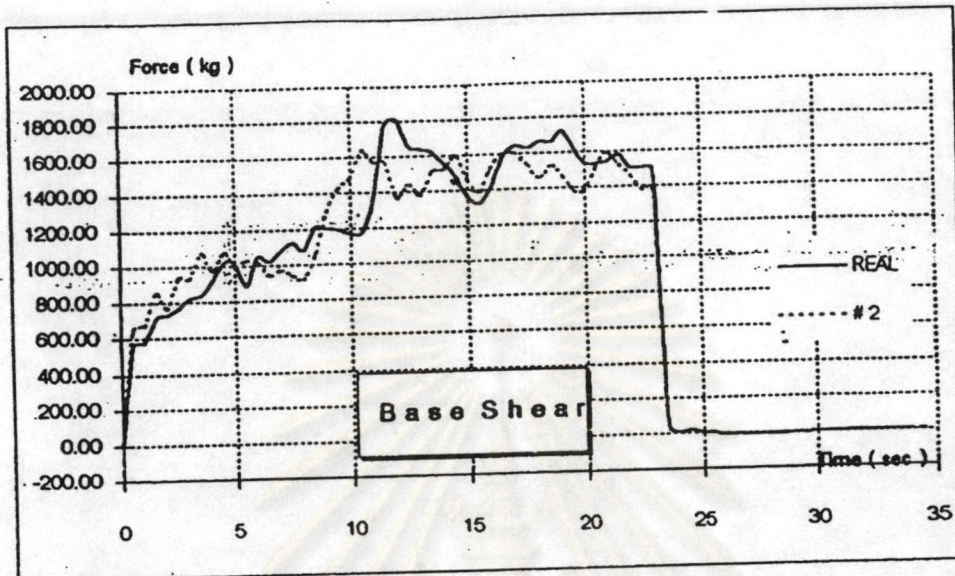
รูปที่ 5.10.4 ผลพลศาสตร์ของโมเมนต์ที่ฐานระหว่างการใช้ฟังก์ชันจริงกับใช้ฟังก์ชันเดียว (ที่ระดับกึ่งกลางของเสาสูง) จากแรงลมที่ Michigan, 1931 ในทิศตั้งฉากกับสายส่งไฟฟ้า



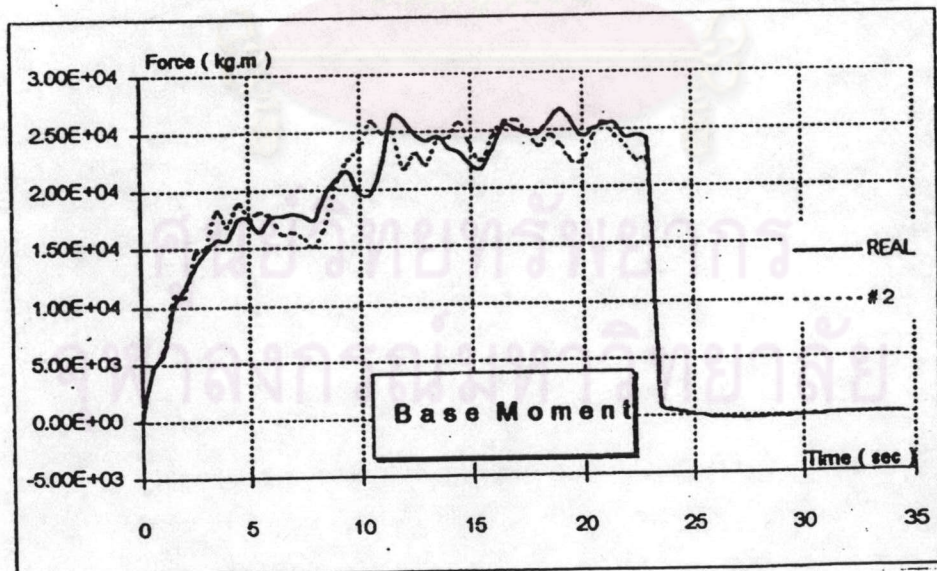
รูปที่ 5.11.1 ผลพลศาสตร์ของชิ้นส่วน F2L ระหว่างการใช้ฟังก์ชันจริง กับใช้ฟังก์ชันเดียว (ที่ระดับกึ่งกลางของเสาธง) จากแรงลมที่ Michigan, 1931 ในทัศนคติกับสายส่งไฟฟ้า



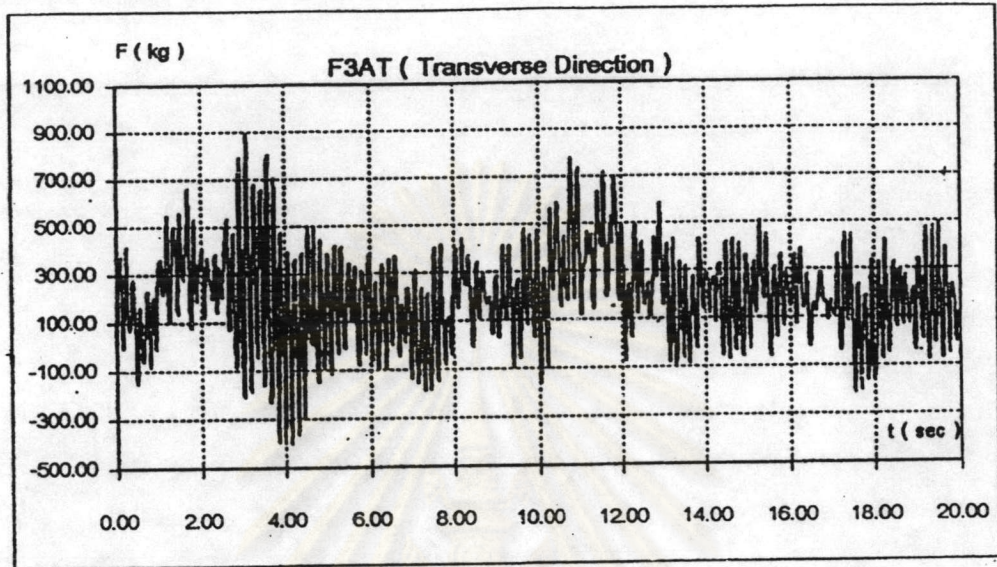
รูปที่ 5.11.2 ผลพลศาสตร์ของชิ้นส่วน P9 ระหว่างการใช้ฟังก์ชันจริง กับใช้ฟังก์ชันเดียว (ที่ระดับกึ่งกลางของเสาธง) จากแรงลมที่ Michigan, 1931 ในทัศนคติกับสายส่งไฟฟ้า



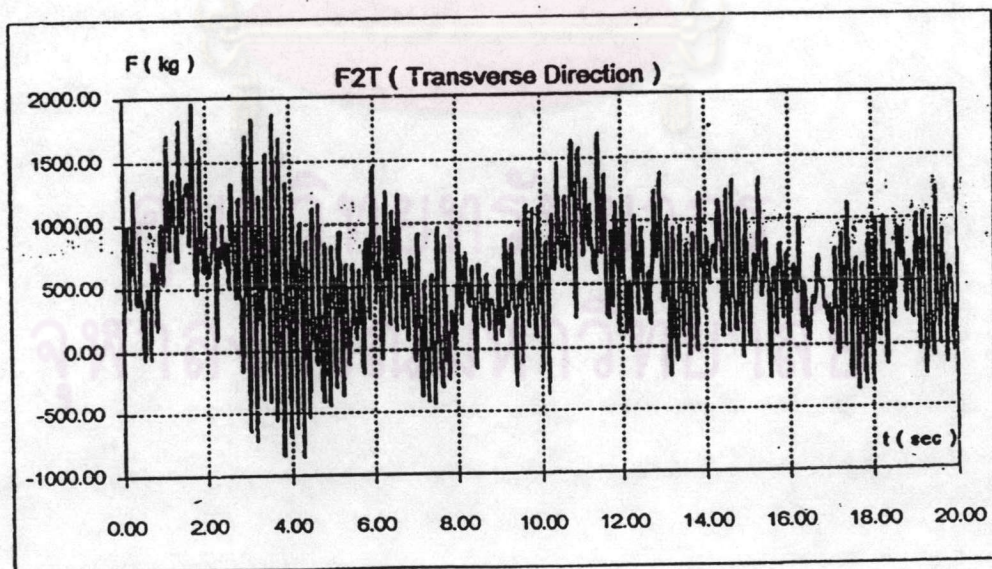
รูปที่. 5.11.3 ผลพลศาสตร์ของแรงเฉือนที่ฐานระหว่างการใช้ฟังก์ชันจริงกับใช้ฟังก์ชันเดียว (ที่ระดับกึ่งกลางของเสาสูง) จากแรงลมที่ Michigan, 1931 ในทิศทางานกับสายส่งไฟฟ้า



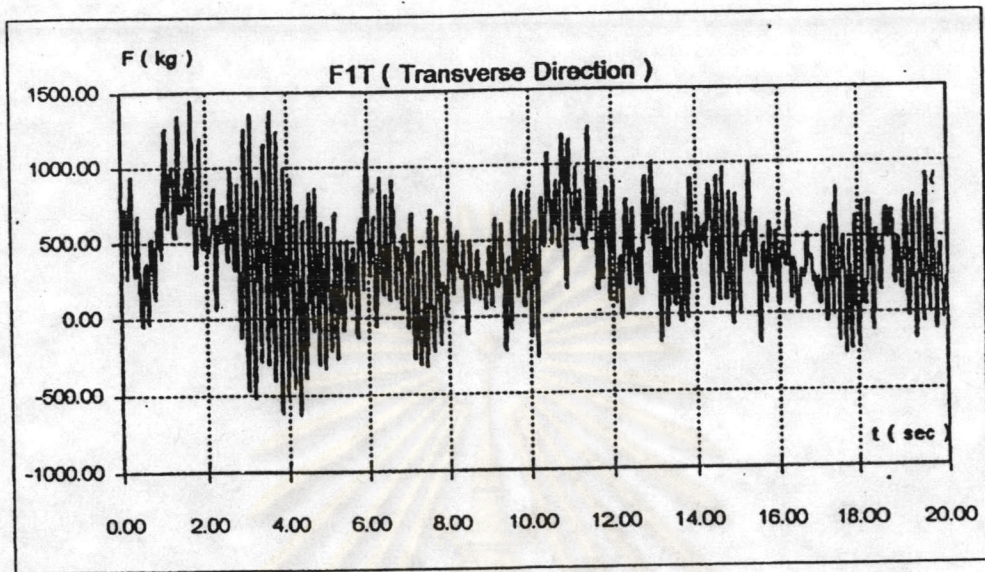
รูปที่. 5.11.4 ผลพลศาสตร์ของโมเมนต์ที่ฐานระหว่างการใช้ฟังก์ชันจริงกับใช้ฟังก์ชันเดียว (ที่ระดับกึ่งกลางของเสาสูง) จากแรงลมที่ Michigan, 1931 ในทิศทางานกับสายส่งไฟฟ้า



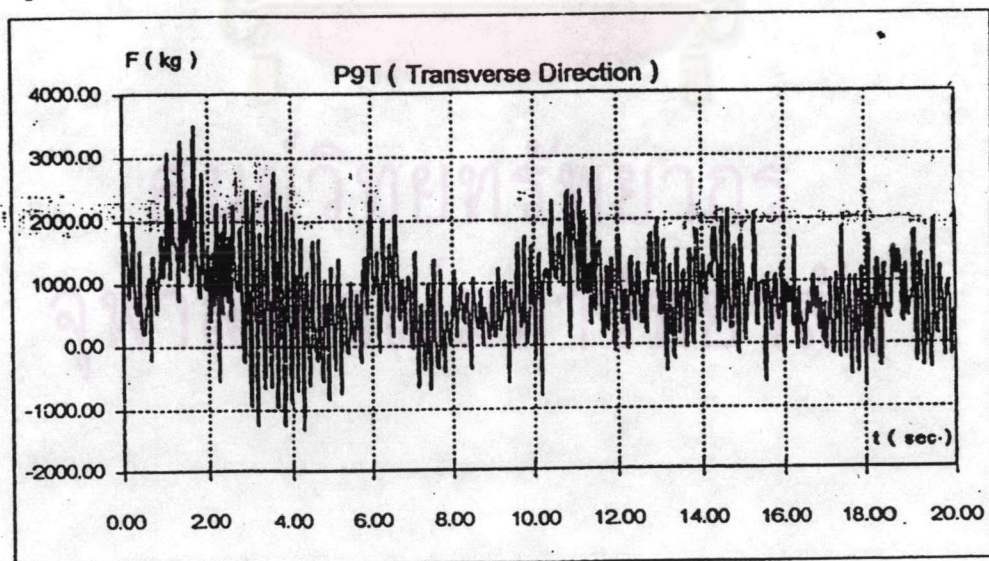
รูปที่ 5.12.1 ผลพลศาสตร์ของชิ้นส่วน F3AT เนื่องจากแรงลมที่ทดสอบในอุโมงค์ลม  
ในทิศตั้งฉากกับสายส่งไฟฟ้า



รูปที่ 5.12.2 ผลพลศาสตร์ของชิ้นส่วน F2T เนื่องจากแรงลมที่ทดสอบในอุโมงค์ลม  
ในทิศตั้งฉากกับสายส่งไฟฟ้า



รูปที่. 5.12.3 ผลพลศาสตร์ของชิ้นส่วน F1T เนื่องจากแรงลมที่ทดสอบในอุโมงค์ลม  
ในทิศตั้งฉากกับสายส่งไฟฟ้า



รูปที่. 5.12.4 ผลพลศาสตร์ของชิ้นส่วน P9T เนื่องจากแรงลมที่ทดสอบในอุโมงค์ลม  
ในทิศตั้งฉากกับสายส่งไฟฟ้า