บทที่ 2

การวิเคราะห์ข้อมูลลม

2.1 ความนำ

ลม คือ การเคลื่อนที่ของอากาศที่เป็นไปอย่างต่อเนื่อง ค่าเฉลี่ยของความเร็วลมจะแปรผันตามฤดูกาล และลักษณะภูมิประเทศ แรงที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของอากาศมีดังนี้

2.1.1 แรงที่เกิดจากความแตกต่างของความกดอากาศ

$$F_P = 1/\rho \, dP/dn \qquad (2.1)$$

ซึ่ง F_P เป็นแรงดัน (Pressure Force)

ρ เป็นความหนาแน่นของอากาศ

dP เป็นความแตกต่างระหว่างเส้นความกดอากาศ

dn เป็นระยะทางระหว่างเส้นความกดอากาศ

2.1.2 แรงที่เกิดจากการหมุนของโลก เรียกว่า Coriolis Force

$$F_C = 2VA \sin \lambda \qquad (2.2)$$

ซึ่ง F_C เป็น Coriolis Force

V เป็นความเร็วของลม

A เป็นมุมของความเร็วลมที่ทำกับแกนหมุนของโลก

λ เป็นละติจูดของจุดที่กำลังพิจารณา

2.1.3 แรงที่เกิดจากความโค้งของโลก เรียกว่า แรงหนีศูนย์กลาง

$$F_c' = V^2/r \qquad (2.3)$$

ซึ่ง F_c' เป็นแรงหนีศูนย์กลาง

V เป็นความเร็วของลม

r เป็นรัศมีความโค้งของโลก

เมื่อการเคลื่อนที่ของอากาศอยู่ใกล้ผิวโลกก็จะทำให้เกิดแรงเสียดทานเนื่องจากแรงดังกล่าว ซึ่งมีสัดส่วนเป็นกำลังสองของความเร็วลม

$$F = k\rho V^2 \qquad (2.4)$$

ซึ่ง F เป็นแรงเสียดทาน

k เป็นสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน มีค่าประมาณ 0.002-0.003

ρ เป็นความหนาแน่นของอากาศ

V เป็นความเร็วของลม

$$V = \sqrt{r/\rho \; dP/dn + (rA \sin \lambda)^2} - rA \sin \lambda \qquad (2.5)$$

2.2 <u>แรงลม</u>

สำหรับแรงลมที่วิศวกรโครงสร้างพิจารณามีจุดสำคัญอยู่ที่ค่าผลลัพธ์ของแรงลมที่กระทำบนโครงสร้าง แรงลมจะขึ้นอยู่กับความเร็วลม ลักษณะของโครงสร้าง และอื่น ๆ จากการศึกษาในอุโมงค์ลม (Wind Tunnel) ได้

$$P = C_P Q \qquad (2.6)$$

ซึ่ง P เป็นความดันลมที่กระทำบนโครงสร้าง

C_P เป็นตัวประกอบสำหรับความดันลม เรียกว่า Shape factor สำหรับความดันลมที่กระทำบนผนังของโครงสร้างอาคารมีค่า = 1.3 (12)

Q เป็นความดันของความเร็วลม (Velocity Pressure) มีหน่วยเป็นปอนด์ต่อตารางฟุต

$$Q = 0.00256\ V^2 \qquad (2.7)$$

ซึ่ง V เป็นความเร็วลมมีหน่วยเป็นไมล์ต่อชั่วโมง

2.3 ระดับชั้นของความเร็วลม (Wind Velocity Profile)

ความเร็วลมที่ระดับความสูงแตกต่างกันก็จะมีค่าแตกต่างกัน เนื่องจากความฝืดของชั้นอากาศ และสิ่งกีดขวางต่าง ๆ จากลักษณะภูมิประเทศ เป็นต้น จากสมการ (2.7) จะได้

$$Q_z = 0.00256\ K_z V_{30}^2 \qquad (2.8)$$

ซึ่ง Q_z เป็นความดันลมที่ความสูง Z

V_{30} เป็นความเร็วลมที่ความสูงจากพื้นดิน 30 ฟุต

K_z เป็นสัมประสิทธิ์ ซึ่งมีค่าดังสมการ (2.9) หรือจากรูปที่ 2.1 (13)

$$K_z = 2.64(Z/Z_g)^{2\alpha} \qquad (2.9)$$

ซึ่ง Z_g เป็นค่าของ Gradient height

α เป็นพารามิเตอร์ของกฎแห่งกำลัง (Power-law Parameter) ขึ้นอยู่กับลักษณะภูมิประเทศ ดังแสดงในตารางที่ 2.1 (13)

ลักษณะภูมิประเทศ*	α	Z_g (ฟุต)
ก	1/3	1500
ข	1/4.5	1200
ค	1/7	900

* ก สภาพภายในเมืองใหญ่ ซึ่งมีโครงสร้างสูงกว่า 70 ฟุต ไม่น้อยกว่า 50 % ที่มีพื้นที่ลักษณะนี้ล้อมรอบอย่างน้อยครึ่งไมล์หรือ 10 เท่าของความสูงโครงสร้าง

ข สภาพเมือง นอกเมือง ป่าไม้ หรือย่านที่พักอาศัย ที่มีพื้นที่ลักษณะนี้ล้อมรอบอย่างน้อย 1500 ฟุตหรือ 10 เท่าของความสูงโครงสร้าง

ค สภาพพื้นที่เปิดที่มีสิ่งกีดขวางสูงน้อยกว่า 30 ฟุต

ตารางที่ 2.1 ค่าคงที่ α และ Z_g

จากการศึกษาพบว่าในเขตกรุงเทพมหานครควรใช้ค่า Z_g = 900 - 1270 ฟุต และ α = 1/7 - 1/4 ตามลำดับ (6) ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสม

จากสมการ (2.8) สามารถหาค่าความดันลมประสิทธิผล Q_{eff} ที่กระทำบนโครงสร้างอาคารได้ ซึ่งการตอบสนองของโครงอาคารเป็นแบบพลศาสตร์ โดยคูณตัวประกอบของแรงลมกรรโชก (Gust Factor) G ดังแสดงในรูปที่ 2.2 (13) จะได้

$$Q_{eff} = 0.00256\, GK_z V_{30}^2 \qquad (2.10)$$

สำหรับ ตัวประกอบของแรงลมกรรโชก (G) จะมีค่าแปรเปลี่ยนไปตามความสูงของโครงสร้าง และลักษณะภูมิประเทศ ในปัญหาของงานวิจัยนี้มีความสูงของโครงสร้างประมาณ 150 ฟุต และลักษณะภูมิประเทศของกรุงเทพมหานครจะอยู่ระหว่างแบบ ก. กับแบบ ข. ซึ่งจากรูปที่ 2.2 จะได้ค่า G = 1.3

แทนค่าสมการ (2.9) ลงในสมการ (2.10) ที่ความสูง Z_1 และ Z_2

$$Q_{eff1} = 0.00676\, G(Z_1/Z_g)^{2\alpha} V_{30}^2 \qquad (2.11)$$

$$Q_{eff2} = 0.00676\, G(Z_2/Z_g)^{2\alpha} V_{30}^2 \qquad (2.12)$$

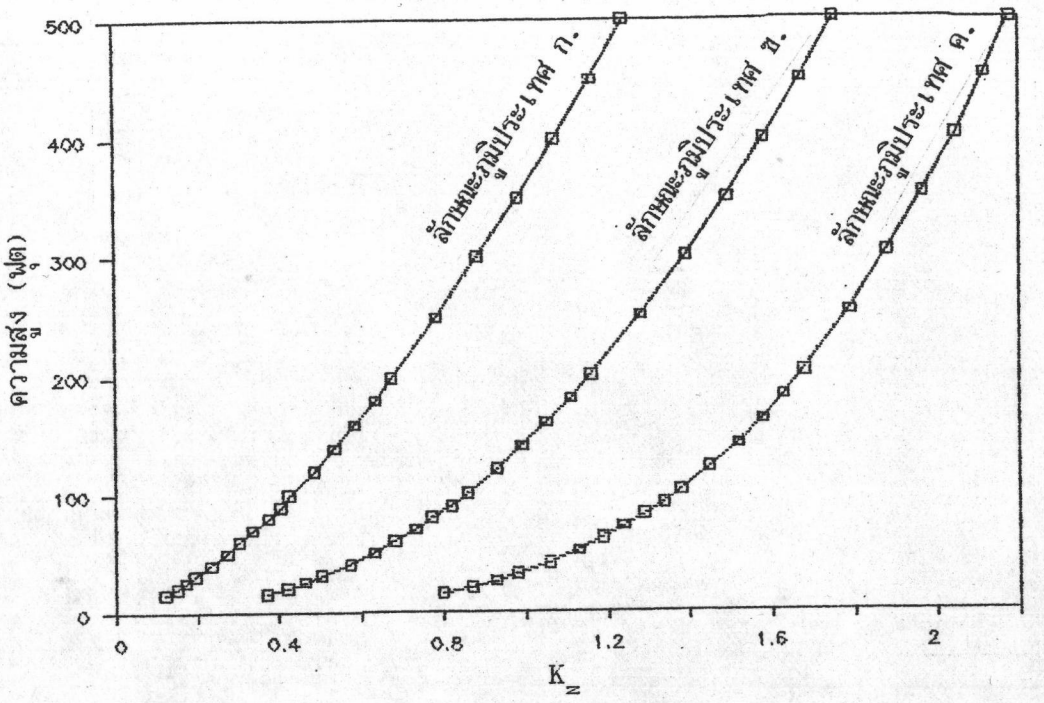
นำสมการ (2.11) หารด้วยสมการ (2.12)

$$Q_{eff1}/Q_{eff2} = (Z_1/Z_2)^{2\alpha} \qquad (2.13)$$

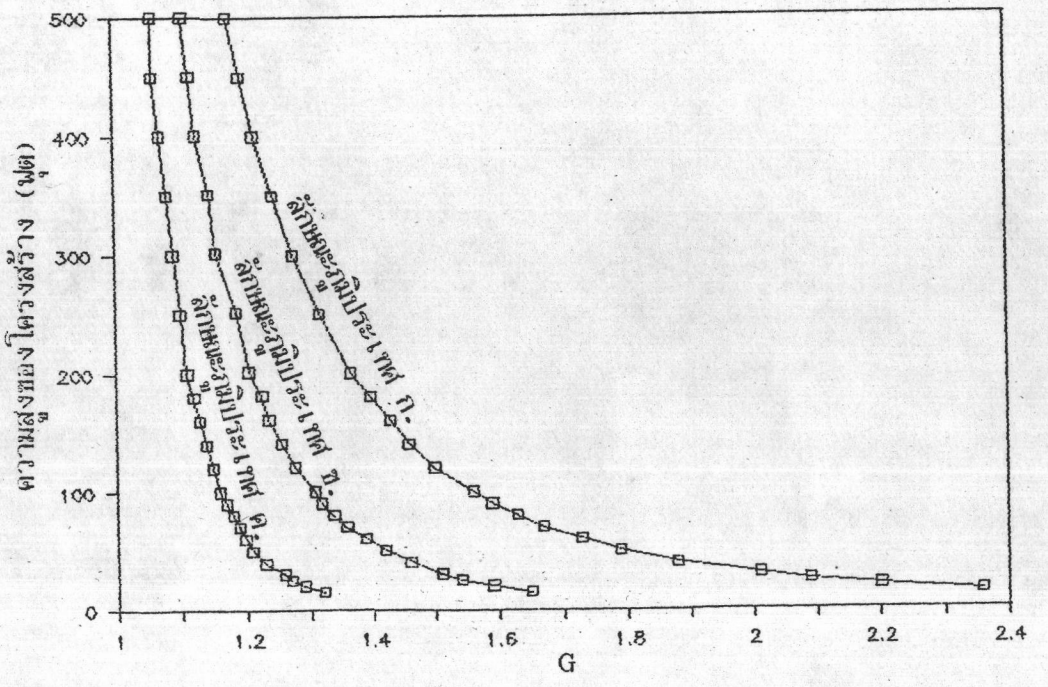
แทนค่าสมการ (2.7) ลงในสมการ (2.13)

$$V_1/V_2 = (Z_1/Z_2)^{\alpha} \qquad (2.14)$$

ซึ่ง V_1 เป็นความเร็วลมที่ความสูง Z_1
V_2 เป็นความเร็วลมที่ความสูง Z_2



รูปที่ 2.1 ค่าสัมประสิทธิ์ K_z



รูปที่ 2.2 ตัวประกอบของแรงลมกรรโชก G