บทที่ 6

อภิปรายผลการทดลอง

จากผลการทดลอง และผลเฉลยจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ได้แสดงไว้ในบทที่ 5 สามารถนำมาเปรียบเทียบและอภิปรายได้ดังต่อไปนี้

ผลการทดลองจากอุโมงลมและรถปิคอัพ

จะสังเกตเห็นได้ว่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์ของกำลังงานและสัมประสิทธิ์ของแรงบิด กับค่าอัตราส่วนความเร็วปลายใบนั้น จะมีหลายชุด ซึ่งจะขึ้นอยู่กับความเร็วลมที่ทำการทดลอง ความเร็วสูงสุดที่อุโมงลมสามารถทำได้นั้น คือ 7.2 เมตร/วินาที ส่วนความเร็วลมที่ได้จากการแล่นรถปิคอัพที่ทำการทดลองจะมีค่าตั้งแต่ 7 เมตร/วินาที ถึง 10 เมตร/วินาที

เมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองทั้งสองชุด จะเห็นว่าทั้งสัมประสิทธิ์กำลังงาน และสัมประสิทธิ์ของแรงบิด ที่ค่าอัตราส่วนความเร็วปลายใบเดียวกันจะมีค่าแปรตามความเร็วลม และจะสังเกตเห็นว่าที่ความเร็วลมสูง ๆ ที่อัตราส่วนความเร็วปลายใบสูง (8 - 11) เส้นกราฟจากการทดลองจะชิดใกล้กันจนเกือบเป็นเส้นเดียวกัน นั่นแสดงถึงว่าหากความเร็วลมสูงขึ้น และความเร็วรอบของกังหันลมสูงด้วย ค่าเรโนลด์นัมเบอร์ที่ใบกังหันเห็นจะมีค่าสูงขึ้นตามไปด้วย

เมื่อนำผลการทดลองจากอุโมงลมและรถปิคอัพ มาเปรียบเทียบกับผลเฉลยของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ จะเห็นได้ว่าลักษณะงานของเส้นกราฟจากผลการทดลองกับผลเฉลยทางคณิตศาสตร์ มีแนวโน้มลักษณะเดียวกัน เมื่อนำผลเฉลยจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ กับผลการทดลองโดยอุโมงลมที่ 7.2 เมตร/วินาที และผลการทดลองโดยรถปิคอัดที่ 8 เมตร/วินาที มาเปรียบเทียบกันในรูปที่ 6.1 และ 6.2 ผลที่คลาดเคลื่อนระหว่างผลจากอุโมงลม และรถปิคอัพและผลจากแบบจำลอง น่าจะมาจากเหตุผลดังต่อไปนี้

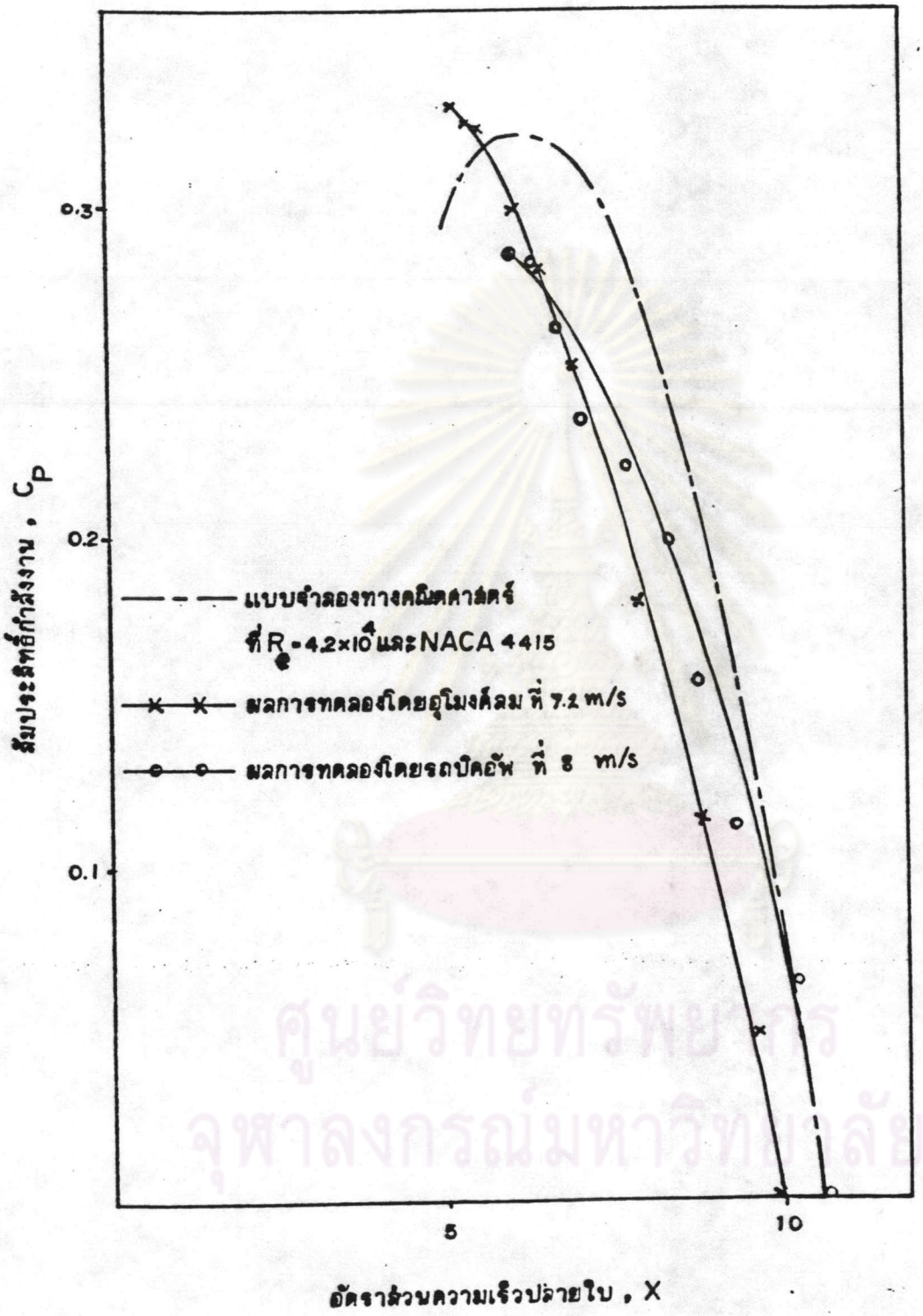
1. ความคลาดเคลื่อนจากเครื่องมือและการอ่านผลการทดลอง

ความคลาดเคลื่อนจากการอ่านค่าความเร็วลมในการทดลองกับอุโมงลม ค่ามาตราส่วนบนมาโนมิเตอร์ ที่เล็กสุดคือ Ø.2 มิลลิเมตรน้ำ ซึ่งก็เท่ากับความเร็ว Ø.4 เมตร/วินาที ในการรักษาความเร็วลมในช่วงนี้ทำได้ค่อนข้างลำบาก

ความคลาดเคลื่อนจากการอ่านค่าความเร็วลม เมื่อทดลองบนรถปิคอัพ ซึ่งใช้เครื่องวัดลมชนิดถ้วย 3 ใบ การรักษาความเร็วลมที่อ่านบนรถให้คงที่ในขณะเปลี่ยนภาระบนชุด Prony brake นั้นทำได้ค่อนข้างยาก ดังนั้นค่าการทดลองที่อ่านได้ในขณะนั้นอาจไม่สัมพันธ์กับความเร็วที่เพิ่งอ่าน และการที่อุปกรณ์ในการวัดบนรถปิคอัพมิได้ออกแบบโดยเฉพาะสำหรับวัดค่าบนรถที่เคลื่อนที่ ก็เป็นอีกส่วนหนึ่งที่ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนของผลที่ได้จากเครื่องมือขึ้นได้

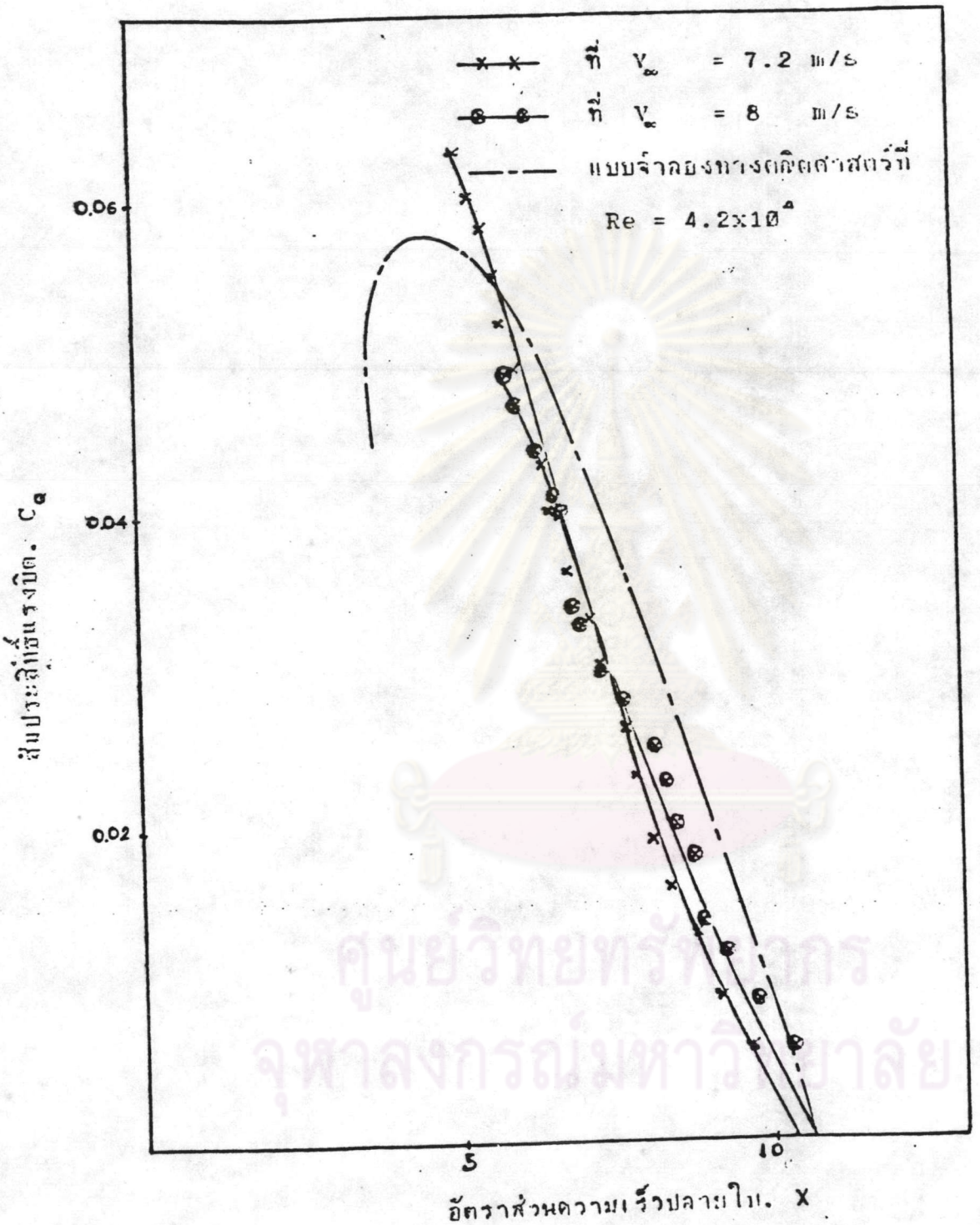
2 ความคลาดเคลื่อนจากชุดทดลองอุโมงลม และรถปิคอัพ กับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ความเร็วที่ใช้กับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์นั้น เป็นความเร็วลมที่มีค่าคงที่ตลอดพื้นที่กวาดของใบกังหัน แต่ลมที่ได้จากอุโมงลม จะมีค่าเฉลี่ยที่ค่อนข้างคงที่แต่ไม่คงที่ทั้งหมด (ดูรายละเอียดจากภาพผนวก จ ได้) ลมบริเวณดุมกลางกับบริเวณขอบนอกของใบกังหันจะไม่เท่ากัน และเนื่องจากประตูด้านหลัง



รูปที่ 6.1 แสดงการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์กำลังงานของกังหันลมที่ทดลองโดยอุโมงค์ลมและรถบิดอัพกับผลจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

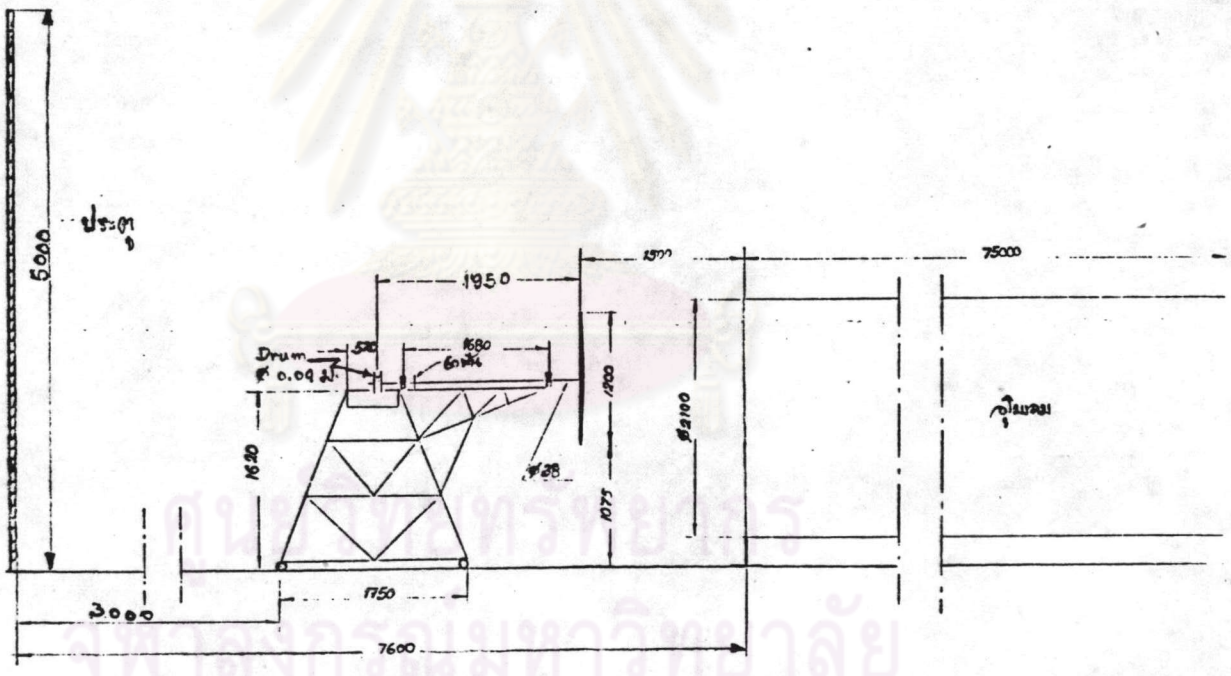
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 6.2 แสดงการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์แรงบิดของกังหันลม
ที่ทดลองโดยอุโมงลมและจากแบบจำลอง
กับผลจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

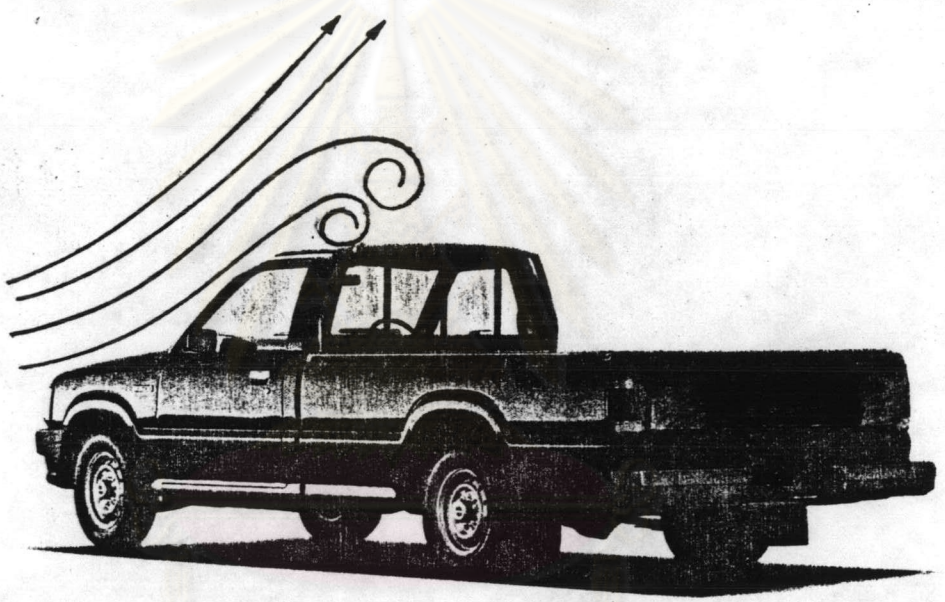
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ของสถานที่ที่ทดลองกับอุโมงลมเสียไม่สามารถเปิดได้ซึ่งประตูนี้อยู่ห่างจากด้านหลังตัวกังหันที่ทดลอง 7.6 เมตร ดูรูปที่ 6.3 ผลของส่วนนี้จะทำให้เกิดลมไหลย้อนกลับเข้าสู่ Wake ของกังหันลม ซึ่งจะทำให้ค่าสมรรถนะต่ำลง



รูปที่ 6.3 แสดงประตูด้านหลังตัวกังหันที่ทดลองโดยอุโมงลม

ส่วนสำหรับการทดลองบนรถปิคอัพนั้น นอกจากการควบคุมความเร็วลมบนตัวกังหันคงที่ได้ลำบากแล้วยังมีปัญหาของผลกระทบที่เกิดขึ้น เนื่องจากตัวถังของรถ และเนื่องจากชุดกังหันลมสามารถติดสูงจากหลังคารถได้จำกัด เพราะมิฉะนั้นรถอาจพลิกคว่ำได้ ดังนั้น ลมที่พัดเข้ามาจะกระทบกับหลังคาเกิดลมหมุน (Separation) ส่งผลไปยังลมที่พัดเข้าหาตัวกังหันนั้นไม่คงที่ตลอดพื้นที่กวาดของใบกังหัน



รูปที่ 6.4 แสดงการเกิด Separation

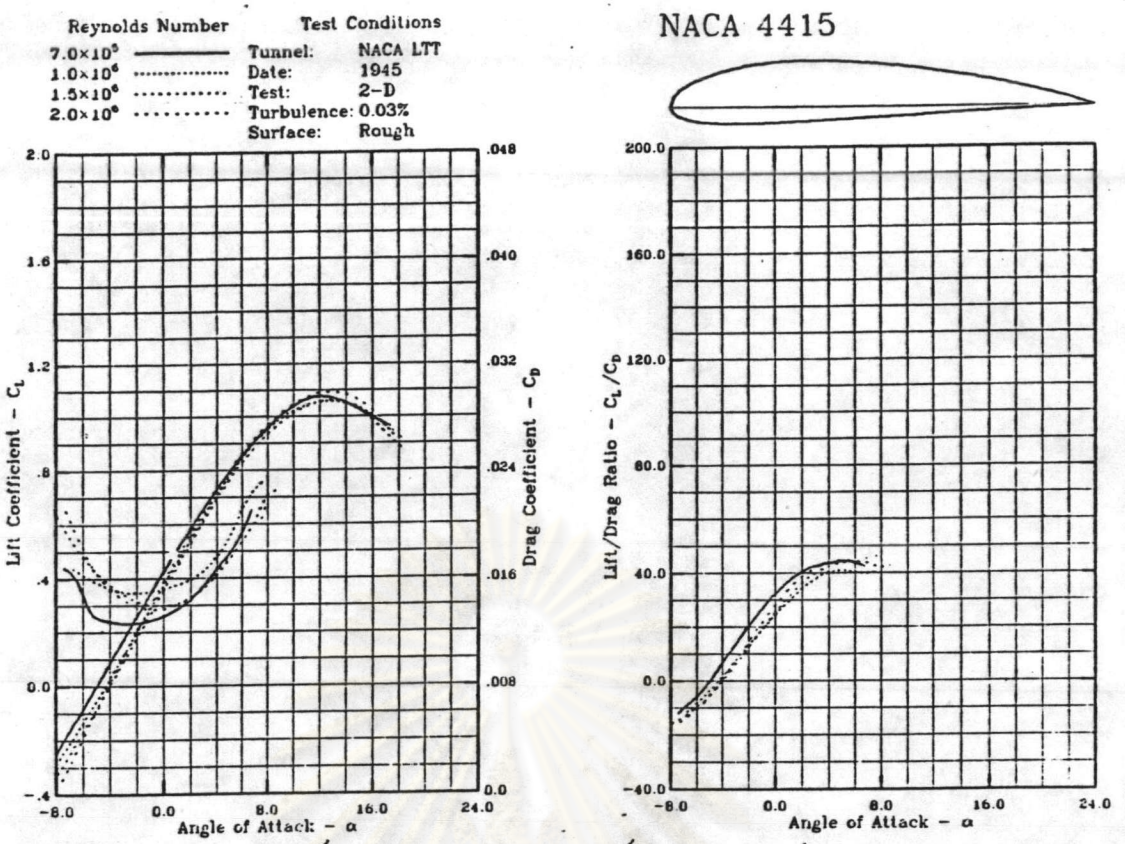
โดยสรุปแล้วกล่าวได้ว่า ลมที่พัดเข้าหาตัวกังหันนั้นในการทดลองมีค่าไม่คงที่ แต่ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์นั้นใช้ความเร็วลมคงที่ตลอดพื้นที่กวาดของใบกังหัน

3. ความคลาดเคลื่อนจากข้อมูลที่ใช้สำหรับสัมประสิทธิ์แรงยกและสัมประสิทธิ์แรงหน่วง

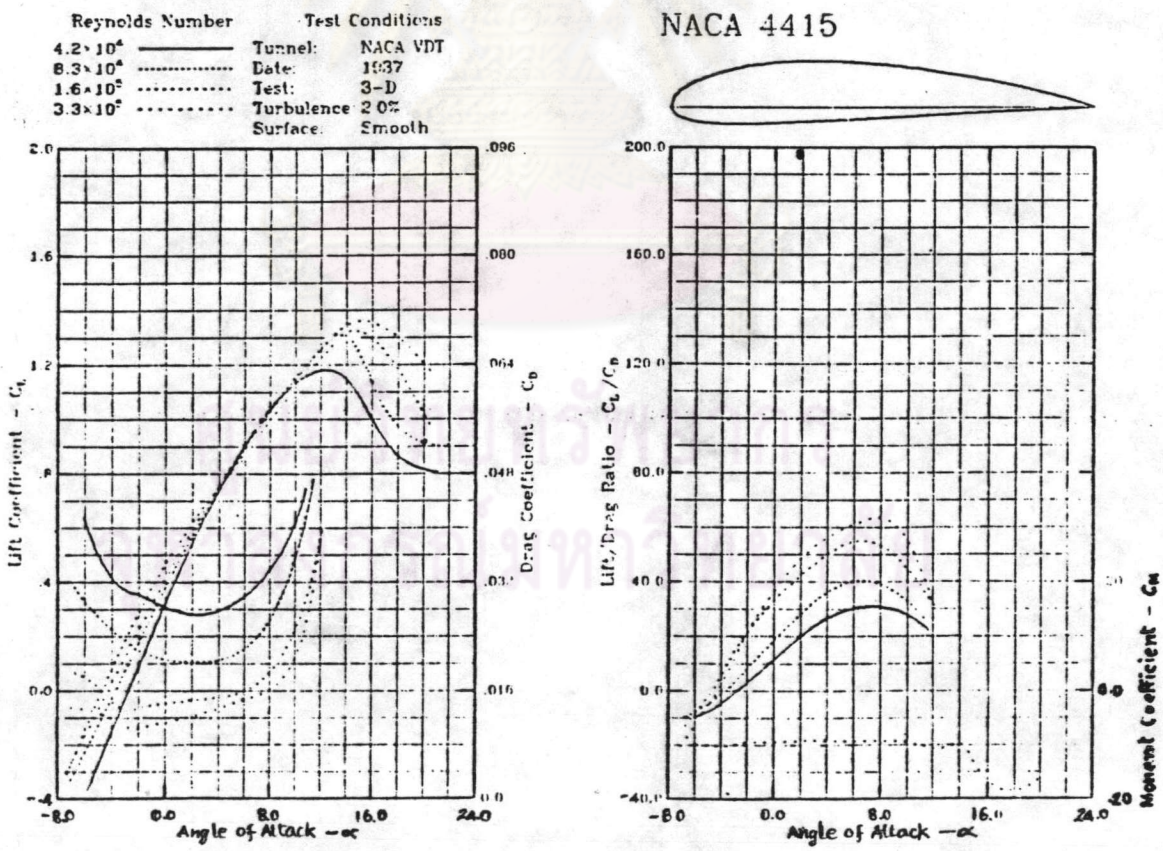
จะเห็นได้ว่า แรงยกและแรงหน่วงบนใบกังหันนั้น เกิดขึ้นจากความแตกต่างของความดัน และแรงเสียดทานบนผิวหน้าทั้งสองของใบกังหันจากผลการไหลของอากาศอันเนื่องมาจาก boundary layer effect ซึ่งโดยความจริงแล้วแรงยกและแรงหน่วงนี้จะขึ้นอยู่กับเรโนลด์นัมเบอร์ และความขรุขระของผิวใบกังหัน ดูจากรูปที่ 6.5 และ 6.6 ดังนั้นที่ค่าเรโนลด์นัมเบอร์ต่ำ ๆ หรือแรงยกและแรงหน่วงก็จะต่างไปยกเว้นเมื่อเรโนลด์นัมเบอร์มีค่าสูงมากพอแรงยกและแรงหน่วงจะมีค่าค่อนข้างคงที่ไม่ขึ้นกับค่าเรโนลด์นัมเบอร์

ดังนั้นในการทดลองบนใบกังหันจะมีค่าเรโนลด์นัมเบอร์ต่างกันทุกจุดตลอดความยาวใบกังหัน เนื่องจากความกว้างของใบกังหันและความเร็วสัมพัทธ์ที่ใบกังหันเปลี่ยนแปลง แต่ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ใช้ค่าสัมประสิทธิ์แรงยกและแรงหน่วงเดียวที่ค่าเรโนลด์นัมเบอร์ค่าเดียว ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยที่ตำแหน่ง 75% ของใบกังหัน และยังเนื่องจากข้อมูลสัมประสิทธิ์แรงยกและแรงหน่วงที่ค่าเรโนลด์นัมเบอร์ต่ำ ๆ นั้นมีจำกัด (โดยมากมักมีที่เรโนลด์นัมเบอร์สูง ๆ ซึ่งใช้กับปีกเครื่องบินต่าง ๆ) ดังนั้น จึงเลือกข้อมูลเท่าที่มีและยังเป็นข้อมูลที่ผิวของแผนอากาศเรียบ ในขณะที่ใบกังหันจริงไม่เรียบ และนอกจากนั้นใบกังหันจริงนั้นเหลาด้วยมือ แล้วให้รูปภาคตัดขวางของใบกังหันใกล้เคียงกับ NACA 4415 เท่านั้น ไม่เหมือนอย่างแท้จริง และมุมบิดแต่ละใบก็มีค่าใกล้เคียงกันเท่านั้น ในขณะที่แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ถือเป็น NACA 4415 และมีมุมบิดเท่ากันทั้ง 3 ใบ ดังนั้น ผลจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์จึงแตกต่างจากผลการทดลอง

ข้อสังเกตอีกข้อหนึ่งจากการเปรียบเทียบนี้ จะเห็นได้ว่ากังหันลมที่ออกแบบให้มีรูปร่างที่ให้ประสิทธิภาพเชิงอากาศพลศาสตร์สูงสุดนั้น จะให้ค่าสัมประสิทธิ์กำลังงานที่ค่อนข้างสูงมาก แต่ในทางทฤษฎีวิเคราะห์ที่ทำการหารูปร่างนี้ เป็นทฤษฎีทางเชิงอุดมคติ และได้ละเลยแรงหน่วงบนใบกังหันไว้



รูปที่ 6.5 สัมประสิทธิ์แรงยกและสัมประสิทธิ์แรงหน่วง ที่มุมปะทะต่าง ๆ สำหรับผิวของแพนอากาศไม่เรียบที่เรโนลด์นัมเบอร์ต่าง ๆ



รูปที่ 6.6 สัมประสิทธิ์แรงยกและสัมประสิทธิ์แรงหน่วง ที่มุมปะทะต่าง ๆ สำหรับผิวของแพนอากาศเรียบที่เรโนลด์นัมเบอร์ต่าง ๆ

ดังนั้นหากนำเอาแรงหน่วงเข้ามาคิดสัมประสิทธิ์กำลังงานจะลดลง แต่อย่างไรก็ดีก็ยังเป็นค่าสูงสุดอยู่ดี ซึ่งเหตุผลนี้ได้รับการยืนยันจากผลการเปรียบเทียบกังหันลมชนิดต่าง ๆ ที่มีความยาวของใบกังหันเท่ากันว่ากังหันที่ได้รับการออกแบบถึงแม้ว่าดัดแปลงเพื่อให้ทำได้ง่ายขึ้น มีโครงสร้างที่แข็งแรง ยังมีค่าสมรรถนะสูงกว่ากังหันที่มีรูปร่างใบแบบอื่น ๆ

นอกเหนือจากจากการศึกษาและการทดลองสมรรถนะกังหันลมแกนนอนชนิด 3 ใบ สำหรับผลิตกระแสไฟฟ้าแล้ว ยังได้มีการศึกษาสมรรถนะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับที่นำมาจากรถยนต์ แสดงไว้ในภาคผนวก ง ด้วย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย