การออกแบบอุโมงค์แบบการไหลบิด

Design of a Twisted Flow Wind Tunnel

ภัคพงศ์ จันทเปรมจิตต์[1,]*, ทวีศักดิ์ สืบสุนทร[1], ธีรยุทธ แซ่ตั้น[1], รัตนพงค์ สีตะแกะ[1] และ ปารีชา รัตนศิริ[1]
[1]ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา จ.ชลบุรี 20131
*Email: pakpong@buu.ac.th
โทรศัพท์: 038 102 222 ต่อ 3385, โทรสาร: 038 745 806

บทคัดย่อ

เอกสารนี้นำเสนอแบบจำลองการไหลของอากาศภายในอุโมงค์ลมแบบการไหลบิด อุโมงค์ลมประเภทนี้นำไปใช้ในทดสอบและพิจารณาการไหลของอากาศผ่านใบเรือของเรือใบที่เกิดขึ้นได้ใกล้เคียงกับสภาวะจริง เริ่มต้นพิจารณาความเชื่อถือของโปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยเปรียบเทียบผลการคำนวณการไหลของอากาศทางทฤษฎี แบบจำลองคอมพิวเตอร์และผลการวัดจริงภายส่วนทดสอบของอุโมงค์ลมแบบเปิดความเร็วต่ำกว่าเสียง ผลพบว่าค่าผิดพลาดของความดันของอากาศของการวัดและแบบจำลองคอมพิวเตอร์เทียบกับการคำนวณทางทฤษฎีมีเท่ากับ 1.08% และ 2.86% ตามลำดับ ต่อมาออกแบบอุโมงค์แบบการไหลบิด โดยกำหนดให้ความเร็วลมบริเวณส่วนทดสอบเท่ากับ 6 เมตรต่อวินาที ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสำหรับการทดสอบเรือใบ เปรียบเทียบลักษณะของอุโมงค์ลมแบบการไหลบิดที่ได้ออกแบบ พิจารณารูปแบบมีความเหมาะสม เช่น ความเร็วลมที่สม่ำเสมอและการไหลของอากาศเต็มหน้าตัดอุโมงค์ลม และมีลักษณะของโครงสร้างที่ง่ายต่อการติดตั้งและซ่อมบำรุง

คำหลัก: อุโมงค์ลมแบบการไหลบิด ใบเรือ แบบจำลองโปรแกรมคอมพิวเตอร์

Abstract

This paper presents flow simulation models in a twisted flow wind tunnel. It is useful for a study of air flow around sails which is similar to the actual condition. Firstly, feasibility of simulation software is made by comparing results between theoretical calculations, measurements and simulations of the subsonic open circuit wind tunnel. The results show that errors of pressure at the test section between theory and measurement and between theory and simulation are 1.08% and 2.86% respectively. Secondly, various structures of a twisted flow wind tunnel are designed. Suitable wind speed of 6 m/s is set at the test section. Appropriate criterions of a twisted flow wind tunnel for design are laminar, fully-developed flows and ease of fabrication and maintenance.

Keywords: Twisted flow wind tunnel, sail, computer simulation

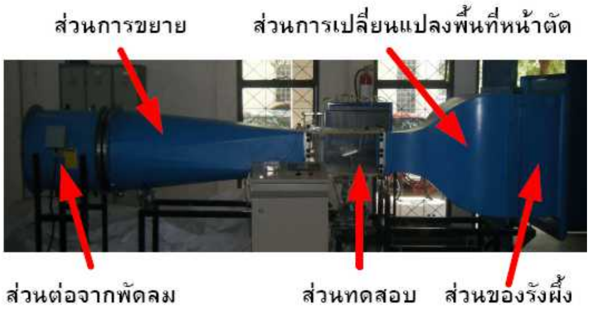
1. บทนำ

อุโมงค์ลมถูกใช้ในการศึกษาหลักการของอากาศพลศาสตร์ เช่น การไหลของอากาศผ่านรถยนต์ ปีกเครื่องบิน เรือ อาคาร เป็นต้น รวมทั้งสามารถใช้ทดสอบสภาวะของอากาศที่ปะทะกับวัตถุนั้นได้ โดยทั่วไปอุโมงค์ลมถูกแบ่งเป็นสองชนิดคือ แบ่งตามลักษณะของโครงสร้างของอุโมงค์ลมและแบ่งตามความเร็วลมในส่วนทดสอบ ซึ่งเหมาะสมกับการทดสอบที่ต่างกันไป [1] ในงานวิจัยนี้จะสนใจอุโมงค์ลมแบบการไหลบิด (Twisted flow wind tunnel) ซึ่งเป็นลักษณะของอุโมงค์ลมแบบเปิดที่เหมาะสำหรับการทดสอบการไหลของอากาศที่คล้ายคลึงกับสภาวะเป็นจริงมาก เช่น การแล่นเรือใบ เป็นต้น

มีศึกษาการรับลมของใบเรือและหาความสัมพันธ์ของมุมปะทะเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุดภายในอุโมงค์ลมโดย [2] ต่อมา [3] ได้ศึกษาและแสดงผลการไหลของอากาศต่อมุมปะทะของใบเรือแบบสปินนาเคิล เมื่อพิจารณาการไหลของอากาศในช่วงตามลม การทดสอบการไหลผ่านใบเรือในอุโมงค์ลมแบบทั่วไปนั้นยังได้ผลต่างจากผลที่เกิดขึ้นในขณะแล่นเรือจริง ดังนั้นในปี ค.ศ. 2004 อุโมงค์ลมแบบเปิดแบบการไหลบิด [4] เพื่อใช้ทดสอบใบเรือของเรือใบจำลองซึ่งจะเป็นการทดสอบเพื่อให้ได้ผลของอากาศไหลใบเรือซึ่งทำหน้าที่รับลมได้ถูกต้อง ซึ่งมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ใช้ในปรับแต่งมุมปะทะให้ถูกต้อง ให้เรือแล่นได้เร็ว แต่ข้อมูลการออกแบบอุโมงค์ลมแบบนี้ยังไม่มีการเปิดเผย จำเป็นต้องอาศัยหลักการออกแบบอุโมงค์ลมทั่วไป [5] จึงเป็นที่มาของงานวิจัยนี้ที่จะทำศึกษาลักษณะการไหลของอากาศที่เกิดขึ้นภายแบบจำลองอุโมงค์ลมแบบการไหลบิด โดยนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปเข้ามาช่วย เพื่อให้ได้เห็นลักษณะการทำงานของอุโมงค์ลมก่อน เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างจริงต่อไป ช่วยลดค่าใช้จ่ายก่อนการสร้างอุโมงค์ลมจริงได้อีกด้วย

2. แบบจำองอุโมงค์ลม

การจำลองลักษณะการไหลของอากาศในอุโมงค์ลมแบบการไหลบิดจะใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์มาช่วยในการออกแบบ แต่เพื่อยืนยันว่าโปรแกรมนั้นผลการทำนายที่ใกล้เคียงความจริง จึงทำแบบจำลองอุโมงค์ลมความเร็วต่ำกว่าเสียงแบบเปิด เพื่อวิเคราะห์สภาพการไหลของอากาศภายในอุโมงค์ลมจริงนี้ก่อน โดยอุโมงค์นี้ตั้งในโรงประลองภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยบูรพา โดยรูปที่ 1 แสดงอุโมงค์ลมความเร็วต่ำกว่าเสียงแบบเปิด และจากการคำนวณค่าการสูญเสียความดันในส่วนต่างๆ และความเร็วของอากาศบริเวณส่วนทดสอบตามทฤษฎี นำมาเปรียบเทียบกับการวัดจริงและจากสร้างแบบจำลองโดยใช้โปรแกรมคอมพวเตอร์เพื่อหาความแม่นยำ

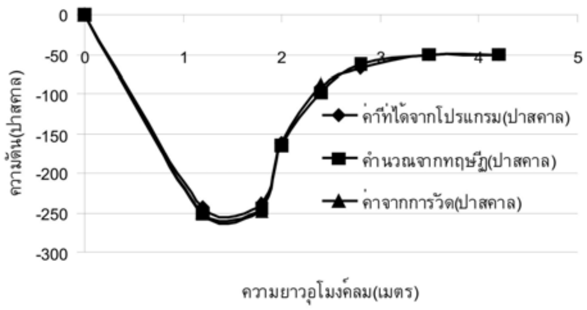


รูปที่ 1 อุโมงค์ลมความเร็วต่ำกว่าเสียงแบบเปิด

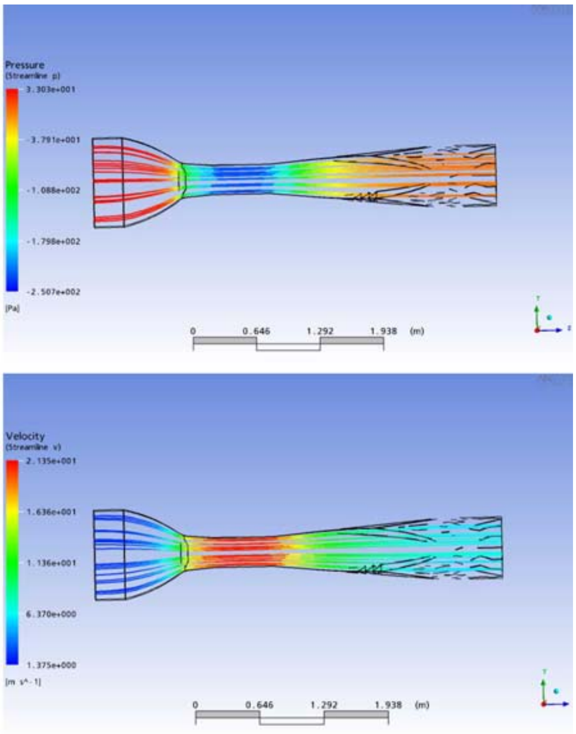
ผลการเปรียบเทียบลักษณะการไหลของอากาศที่ได้กล่าวในข้างต้น ผลการคำนวณจากหลักการเบอร์นูลีมีค่าความดันจากทฤษฎีเท่ากับ -245 ปาสคาลเมื่อเทียบกับความดันบรรยากาศ ในขณะที่ค่าความดันบริเวณส่วนทดสอบที่วัดได้คือ -247.56 ปาสคาลและความเร็วลมเท่ากับ 20 เมตรต่อวินาที ต่อมาผลจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป ค่าความดันมีค่าเท่ากับ -238 ปาสคาลและความเร็วลมเท่ากับ 20.3 เมตรต่อวินาที (ค่าความผิดพลาดของความดันระหว่างทฤษฎีกับการวัดมีค่าเท่ากับ 1.03% และค่าความผิดพลาดระหว่างทฤษฎีกับโปรแกรมมีค่าเท่ากับ 2.85%) รูปที่ 2 แสดงผลการเปรียบเทียบความดันที่เกิดขึ้นในอุโมงค์ลม และ รูปที่ 3 แสดงผลการจำลองความดันและความเร็วโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

ต่อมาจะพิจารณาลักษณะการไหลของอากาศที่ได้จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยจะแสดงลักษณะการไหลของอากาศเมื่อไหลผ่านวัตถุที่แสดงออกมาเป็นเส้นการไหล เพื่อเป็นการยืนยันว่าผลการทำนาย

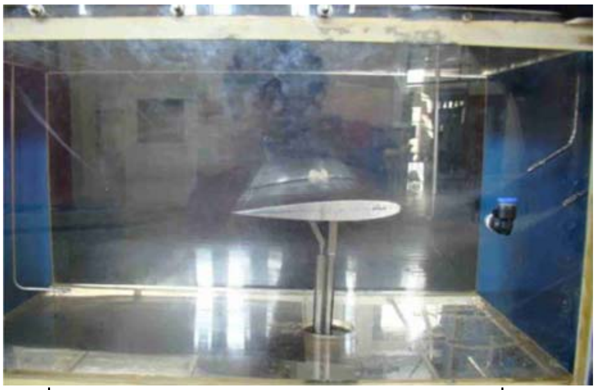
ลักษณะการไหลของอากาศนั้นมีความถูกต้อง รูปที่ 4 และ 5 แสดงลักษณะการไหลของอากาศผ่านปีกเครื่องบินจำลองภายในอุโมงค์ลมจริงและในแบบจำลองจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ตามลำดับ



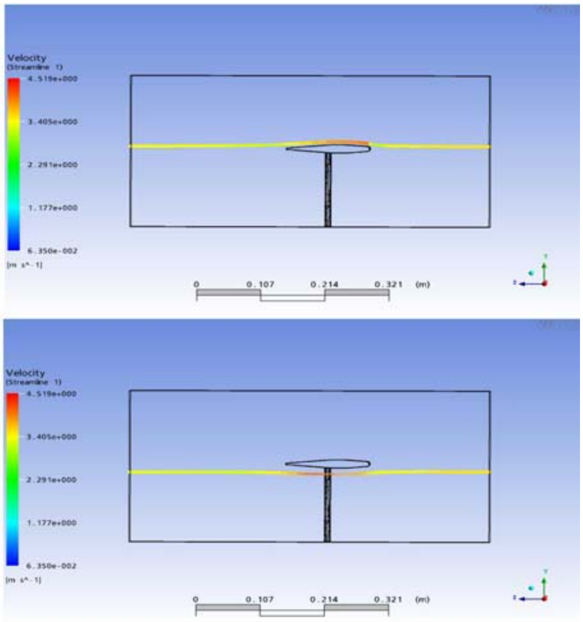
รูปที่ 2 กราฟแสดงผลการเปรียบเทียบความดันของอากาศจากโปรแกรมจำลอง คำนวณจากทฤษฎี และการวัดจากอุโมงค์ลมทดสอบ



รูปที่ 3 ผลการทำนายความดัน (บน) ความเร็ว (ล่าง) จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป



รูปที่ 4 ลักษณะการไหลของอากาศผ่านปีกเครื่องบิน



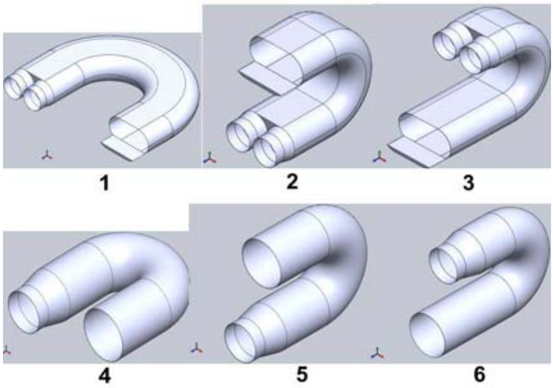
รูปที่ 5 ลักษณะการไหลของอากาศผ่านปีกเครื่องบินจำลองจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์

ในการพิจารณาเส้นการไหลนั้น จะติดตั้งอุปกรณ์เสริมในการปล่อยควันภายในอุโมงค์ลมและทำการทดสอบปล่อยควันเพื่อดูลักษณะการไหลของอากาศที่ไหล เพื่อเปรียบเทียบกับผลการจำลองแบบจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ในการทดสอบเลือกความเร็วลมเท่ากับ 0.35 เมตรต่อวินาที ลักษณะและทิศทางการไหลของอากาศมีความใกล้เคียงกัน จึงสรุปได้ว่าการจำลองแบบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์นั้นให้ผลของความดัน ความเร็วลม และลักษณะของการไหลที่ใกล้เคียงกับการคำนวณทางทฤษฎีและการวัด โปรแกรมคอมพิวเตอร์จึงมีความน่าเชื่อถือเพียงพอ

3. อุโมงค์ลมแบบการไหลบิด

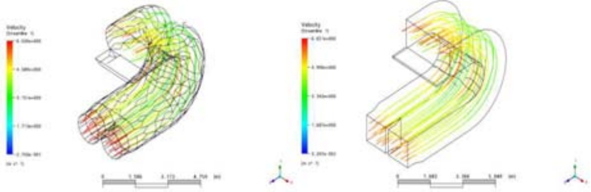
อุโมงค์ลมแบบการไหลบิดนี้ มีลักษณะพิเศษคือสร้างลักษณะของอากาศให้มีความคล้ายคลึงกับสภาพของลมจริงในบริเวณส่วนทดสอบ ซึ่งจะเหมาะสมกับการนำไปใช้ทดสอบหาแรงยกและแรงต้านของเรือใบหรือจักรยานความเร็วสูง ซึ่งอุโมงค์ลมแบบนี้จะแตกต่างกับอุโมงค์ลมโดยทั่วไป ในการออกแบบอุโมงค์ลมแบบการไหลบิดเบื้องต้นนั้น จะกำหนดค่าขอบเขตเริ่มต้นก่อน แล้วนำไปจำลองโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ กำหนดค่าความเร็วลมบริเวณทางเข้าของอุโมงค์ลมเท่ากับ 6 เมตรต่อวินาทีและค่าความดันเท่ากับ 1 บรรยากาศ และกำหนดพื้นที่บริเวณส่วนทางเข้าส่วนทดสอบกว้าง 3.2 เมตร สูง 1.6 เมตร

หลังจากศึกษาถึงคุณลักษณะของอุโมงค์ลมในรูปทรงแบบต่างๆ สามารถออกแบบอุโมงค์ลมแบบการไหลบิด 6 แบบ ดังแสดงได้รูปที่ 6

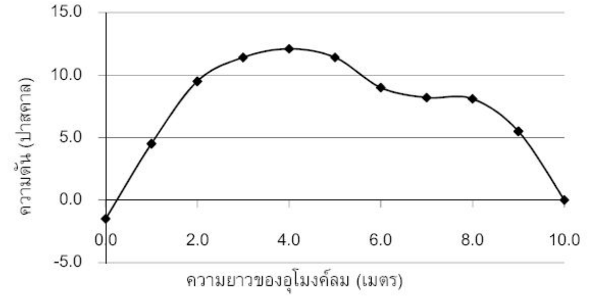


รูปที่ 6 อุโมงค์แบบการไหลบิดทั้ง 6 แบบ

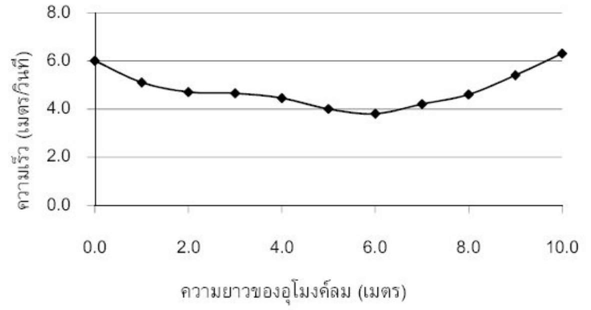
จากการวิเคราะห์ลักษณะการไหลของอากาศที่ได้จากผลการทำนายโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์พบว่าอุโมงค์ลมแบบการไหลบิดแต่ละรูปทรงมีลักษณะเด่นลักษณะด้อย และมีลักษณะการไหลของอากาศภายในอุโมงค์ลมแตกต่างกันไป อุโมงค์ลมแบบการไหลบิดแบบที่สอง จะให้ลักษณะการไหลของอากาศเป็นแบบไหลเต็มท่อ อากาศที่ออกสู่ส่วนทดสอบจะเต็มหน้าตัดอากาศที่ไหลภายในอุโมงค์ลมมีความสม่ำเสมอและมีการเปลี่ยนแปลงความเร็วค่อนข้างน้อย ความเร็วของอากาศที่บริเวณทางออกสู่ส่วนทดสอบมีค่าประมาณเท่ากับ 6 เมตรต่อวินาที ซึ่งเป็นค่าเหมาะสมกับการใช้นำมาใช้ทดสอบเรือใบ เมื่อพิจารณาการติดตั้งพัดลมสามารถทำได้ง่ายเนื่องจากจะถูกติดตั้งไว้ส่วนล่างและใช้พื้นที่ในการสร้างอุโมงค์ลมน้อย แต่เนื่องจากลักษณะโครงสร้างของอุโมงค์ลมแบบที่สองยากต่อการสร้างจึงได้ปรับปรุงโครงสร้างให้สามารถสร้างได้ง่ายขึ้นแต่คุณสมบัติต่างๆ ยังคงเดิม ซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 7 และผลการจำลองความดันและความเร็วของอากาศที่ไหลในอุโมงค์ลมแสดงได้ดังรูปที่ 8 และ 9 ตามลำดับ



รูปที่ 7 อุโมงค์ลมแบบที่สอง (ซ้าย) และอุโมงค์ลมแบบที่สองปรับปรุง (ขวา)



รูปที่ 8 กราฟแสดงผลการจำลองความดันที่เกิดขึ้นในอุโมงค์ลมแบบบิด

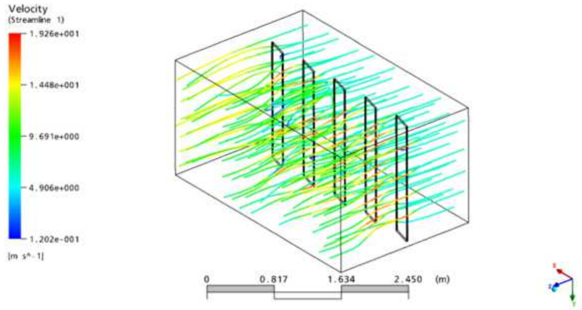


รูปที่ 9 กราฟแสดงผลการจำลองความความเร็วที่เกิดขึ้นในอุโมงค์ลมแบบบิด

4. ส่วนควบคุมการไหลบิด

ในการให้กำเนิดลมบิดจำเป็นต้องติดตั้งส่วนควบคุมการไหลบิด (Vane) ในส่วนบริเวณทางเข้าส่วนทดสอบซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้เกิดลมบิดใกล้เคียงกับสภาพลมจริง รูปที่ 10 แสดงแบบจำลองของการไหลบิดผ่านส่วนควบคุมการไหลในบริเวณ

ส่วนทดสอบ จากลักษณะการไหลของอากาศผ่านที่องศาต่างๆ จะเห็นว่าลักษณะของอากาศเกิดการบิด ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่นำเอาไปใช้ในการทดสอบต่างๆ



รูปที่ 10 แบบจำลองลักษณะอากาศผ่านส่วนควบคุมการไหลที่ 165 องศา

5. สรุป

งานวิจัยนี้ศึกษาอุโมงค์ลมแบบการไหลบิด ได้สร้างแบบจำลองของอุโมงค์ลมความเร็วต่ำกว่าเสียง เพื่อตรวจความแม่นยำของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ก่อนนำไปใช้ออกแบบอุโมงค์ลม ซึ่งผลของค่าความดันและความเร็วและมีลักษณะการไหลของอากาศเช่นเดียวกัน เบื้องต้นได้ออกแบบอุโมงค์ลมแบบการไหลบิดไว้หกแบบ พบว่าอุโมงค์ลมแบบที่สอง มีการไหลของอากาศเป็นแบบเต็มท่อ ทำให้อากาศเข้าสู่ส่วนทดสอบเป็นแบบเต็มหน้าตัด และมีความเร็วของอากาศที่เหมาะสม แนวทางในการพัฒนาคือสร้างอุโมงค์ลมขึ้นมาและเปรียบเทียบผลกับที่ได้ออกแบบไว้ รวมทั้งการจำลองเรือใบเพื่อดูลักษณะของการไหลของอากาศที่จะเกิดขึ้นกับเรือใบต่อไป

6. เอกสารอ้างอิง

[1] สุทิน แม้นพรม นันทศักดิ์ จาตุรนต์รัศมี และธีรศักดิ์ เจริญ (2548). *ออกแบบและสร้างอุโมงค์ลม*, มหาวิทยาลัยบูรพา,

[2] Marchaj, T. (1950). Wolfson Unit, University of Southampton, *Report 1950*.

[3] Teeters, J. (2000). *Comparison of US Sailing Spinnaker Tests with IMS Aerodynamics Report*, University of Maryland, 2000.

[4] Ranzenbach, R. and Teeter, J. (2002). Comparison of wind tunnel and full-scale aerodynamic sail force measurements, *Report*, Auckland University, 2002.

[5] Barlow, J.B., Rae, W.H. and Pope, A. (1999). *Low-Speed Wind Tunnel Testing*, Wiley-Interscience.