

## บทที่ 5

### อภิปรายและสรุปผลการทดลอง

#### 5.1 อภิปรายผลการทดลอง

ถ้าค่า  $C_p$  จากกราฟในรูปที่ 4.1 มาเปรียบเทียบกับผลการทดลองของ Reneau et al. (1967) สำหรับดีฟฟิวเซอร์ 2 มิติแบบผนังตรงและมี blockage ratio ( $2\delta_1/W_1$ ) เท่ากับ 0.05 ดังแสดงในกราฟรูปที่ 5.1 พบว่าค่า  $C_p$  ของดีฟฟิวเซอร์แบบ Transitory stall, Fully-developed stall และ Jet flow ในงานวิจัยซึ่งมี  $L/W_1$  เท่ากับ 5.8, 3.1 และ 2.1 ตามลำดับ และมีค่า blockage ratio สำหรับดีฟฟิวเซอร์ที่ไม่ได้ติดตั้ง VG ประมาณ 0.08-0.09 จะมีค่า  $C_p$  อยู่ต่ำกว่ากราฟของ Reneau et al. ทั้งหมด เนื่องจาก blockage ratio ในการทดลองนี้มากกว่าการทดลองของ Reneau et al. อยู่ถึง 2 เท่า และสอดคล้องกับแนวโน้มของการลดลงของค่า  $C_p$  เมื่อ blockage ratio เพิ่มขึ้น

จากกราฟในรูปที่ 4.4 พบว่าการใช้ VG ในดีฟฟิวเซอร์แบบ Transitory stall และ Fully-developed stall จะมีแนวโน้มในการลดพลังงานสูญเสีย ( $K$ ) ของดีฟฟิวเซอร์ได้หรืออย่างน้อยก็ทำให้ค่า  $K$  ของดีฟฟิวเซอร์ไม่แตกต่างจากดีฟฟิวเซอร์ที่ไม่ได้ติดตั้ง VG นัก แต่การใช้ VG ในดีฟฟิวเซอร์แบบ Jet flow จะมีแนวโน้มที่ทำให้มีค่า  $K$  เพิ่มขึ้น แสดงว่าการใช้ VG แบบ half-delta wing ที่ติดตั้งในลักษณะเช่นเดียวกับในงานวิจัยนี้จะสามารถลดการไหลแยกตัวออกจากผนังใน 2 ลักษณะการไหลดังกล่าวข้างต้นได้ แต่จะไม่สามารถช่วยได้มากนักถ้าการไหลเป็นแบบ Jet flow

ถ้าพิจารณาลักษณะการกระจายความดันสถิตบนผนังด้านที่ไม่เกิดการไหลแยกตัวออกจากผนังของดีฟฟิวเซอร์ทั้งสามแบบในรูปที่ 4.26, 4.30 และ 4.34 พบว่ามีลักษณะแนวโน้มที่คล้ายคลึงกันคือ ความดันสถิตจะมีค่าเพิ่มขึ้นจนมีค่าสูงที่สุดที่ตำแหน่งหนึ่งแล้วจะมีค่าลดลงไปจนถึงทางออกของ tailpipe ดังนั้น characteristic ที่สำคัญของการไหลจึงควรจะเป็นค่า  $C_{pw\ max}$  และตำแหน่งตามผนังเฉียงของดีฟฟิวเซอร์ที่ทำให้เกิด  $C_{pw\ max}$  ซึ่งจะนิยามให้มีค่าเป็น  $L_{max}$

ถ้าทำการสร้างแบบจำลองของการไหลจากลักษณะการไหลในดีฟฟิวเซอร์ตามรูปที่ 5.2 ซึ่งเป็นการไหลในดีฟฟิวเซอร์ที่ผนังด้านหนึ่งคือบริเวณของ Recirculation zone ในดีฟฟิวเซอร์ และอีกด้านหนึ่งมีการไหลเป็น inviscid flow โดยสมมติให้มีการเพิ่มของ  $A_{eff}$  เป็นเชิงเส้น (อ่านรายละเอียดในภาคผนวก ง) เพื่อนำมาคำนวณหาค่าการกระจายความดันบนผนังในรูปของ  $C_{pw}/C_{pw\ max}$  ต่อ  $X^*/L_{max}$  แล้วนำมาพล็อตกราฟเปรียบเทียบกับผลการทดลอง โดยการเปรียบเทียบจะกำหนดให้ความดันสถิตที่ทางเข้าดีฟฟิวเซอร์ที่ได้จากการทดลองมีค่าเท่ากับ 0 จึงได้นำค่าความดันสถิตที่ตำแหน่งอื่นลบด้วยค่าความดันสถิตที่ตำแหน่งแรกในดีฟฟิวเซอร์ จะ

ได้กราฟดังแสดงในรูปที่ 5.3 พบว่าดีฟิวเซอร์แบบ Transitory stall และ Fully-developed stall ในงานวิจัย จะมีการเพิ่มขึ้นของ  $A_{eff}$  ก่อนข้างจะเป็นเชิงเส้นที่บริเวณใกล้กับทางเข้าดีฟิวเซอร์ และเมื่อตำแหน่งไกลจากทางเข้าของดีฟิวเซอร์มากขึ้นพบว่าดีฟิวเซอร์แบบ Fully-developed stall จะยังมีการเพิ่มของ  $A_{eff}$  ที่ยังคงค่อนข้างเป็นเชิงเส้น ต่างกับดีฟิวเซอร์แบบ Transitory stall ที่มีการเพิ่มของ  $A_{eff}$  น้อยกว่า ซึ่งจะไม่มีค่าเพิ่มค่อนข้างมากที่บริเวณใกล้กับจุดที่สิ้นสุดการไหล แยกตัวออกจากผนังอีกครั้ง แต่สำหรับดีฟิวเซอร์แบบ Jet flow จะไม่มีลักษณะการเพิ่มขึ้นเป็นเชิงเส้นเลย เนื่องจากการไหลในดีฟิวเซอร์แบบ Jet flow จะมีการไหลแยกตัวบนผนังทั้งสองด้าน ซึ่งมีความแตกต่างจากโมเดลที่สมมติขึ้น

ถ้าเปรียบเทียบกราฟในรูปที่ 5.3 กับกราฟของ  $C_{pw}$  ต่อ  $x'$  ในรูปที่ 5.4 หรือกราฟของ  $C_{pw}$  ต่อ  $X'/L'$  ในกราฟรูปที่ 5.5 พบว่ากราฟ  $C_{pw}/C_{pw\max}$  ต่อ  $X'/L'_{\max}$  จะทำให้กราฟของดีฟิวเซอร์แบบ Transitory stall และ Fully-developed stall ใกล้กันมากกว่า ดังนั้น  $L'_{\max}$  และ  $C_{pw\max}$  หรือ  $A_{eff}$  ของการไหลในดีฟิวเซอร์ทั้งสองแบบ จึงเป็นพารามิเตอร์ที่มีผลต่อการกระจายความดันสถิตบนผนังดีฟิวเซอร์ด้านที่ไม่เกิดการไหลแยกตัวออกจากผนังมากที่สุดหรืออาจจะกล่าวได้ว่าการไหลมี similarity มากขึ้น แต่กราฟของดีฟิวเซอร์จะมีความแตกต่างกันบ้างเพราะลักษณะของ Recirculation zone จะไม่เหมือนกัน ทำให้การกระจายตัวของ  $A_{eff}$  ต่างกัน สำหรับดีฟิวเซอร์แบบ Jet flow พบว่าจะไม่มีความคล้ายคลึงกับดีฟิวเซอร์อีกสองแบบ เพราะ characteristic ของการไหลจะต่างกัน เนื่องจากเกิดการไหลแยกตัวออกจากผนังบนผนังทั้งสองด้านในดีฟิวเซอร์

## 5.2 สรุปผลการทดลอง

จากงานวิจัยนี้ทำให้สรุปได้ว่า การเลือกใช้ VG และพารามิเตอร์ของ VG ในการเพิ่มสมรรถนะให้กับดีฟิวเซอร์ จะขึ้นอยู่กับลักษณะของดีฟิวเซอร์และการไหลในดีฟิวเซอร์ว่าเป็นแบบ Transitory stall, Fully-developed stall หรือแบบ Jet flow โดยที่ผลของการใช้ VG ต่อสมรรถนะของดีฟิวเซอร์แบบ Transitory stall และ Fully-developed stall จะมีแนวโน้มคล้ายคลึงกัน ในขณะที่ดีฟิวเซอร์แบบ Jet flow จะแตกต่างออกไป เพราะลักษณะการไหลในดีฟิวเซอร์แบบ Transitory stall และ Fully-developed stall จะมีการไหลแยกตัวออกจากผนังเพียงด้านเดียวเหมือนกัน ในขณะที่ดีฟิวเซอร์แบบ Jet flow จะมีการไหลแยกตัวบนผนังทั้งสองด้าน

ผลการทดลองของค่า  $C_p$  ในกราฟรูปที่ 4.1-4.3 สำหรับดีฟิวเซอร์แบบ Transitory stall และ Fully-developed stall พบว่าการใช้ VG ที่มี  $\delta/S$  เพิ่มขึ้นจาก 0 ถึง 0.25 จะทำให้เพิ่มค่า  $C_p$  ได้มาก แต่ถ้าใช้ VG ที่มีความถี่มากกว่าช่วงนี้จะทำให้ค่า  $C_p$  ประมาณคงที่ โดย

ดัดฟิวเซอร์แบบ Transitory stall จะมีค่าเพิ่มขึ้น 50% ในขณะที่ดัดฟิวเซอร์แบบ Fully-developed stall จะมีค่าเพิ่มขึ้น 25% สำหรับกรณีดัดฟิวเซอร์แบบ Jet flow พบว่าการใช้ VG ทำให้  $C_p$  มีค่าประมาณ 0 เช่นเดียวกับดัดฟิวเซอร์ที่ไม่ได้ติดตั้ง VG

สำหรับค่า  $K$  ในกราฟรูปที่ 4.4-4.6 พบว่าการใช้ VG ในดัดฟิวเซอร์ทั้งสามแบบ จะทำให้ค่า  $K$  เปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยถ้าเปรียบเทียบกับค่า  $C_p$  ที่เปลี่ยนแปลงไป โดยดัดฟิวเซอร์แบบ Transitory stall และ Fully-developed stall พบว่ามีแนวโน้มในการลดค่า  $K$  ของดัดฟิวเซอร์ได้โดยการใช้ VG ที่มี  $\delta/S$  ระหว่าง 0 ถึง 0.25 อย่างไรก็ตามดัดฟิวเซอร์ทั้งสองแบบนี้พบว่าจะลดค่า  $K$  ได้เพียงประมาณ 5% เท่านั้น แต่ในกรณีดัดฟิวเซอร์แบบ Jet flow พบว่าการใช้ VG จะทำให้ค่า  $K$  มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น ตามระยะ  $\delta/S$  ที่เพิ่มขึ้นแต่เป็นเพียงสัดส่วนที่น้อยมาก ดังนั้นอาจสรุปได้ว่าการใช้ VG แบบที่ใช้ในงานวิจัยจะไม่ทำให้ค่า  $K$  ของดัดฟิวเซอร์ทุกลักษณะการไหลเปลี่ยนแปลงไปมากนัก

เมื่อดูผลของกราฟ  $(C_p/C_{p_0})/(K/K_0)$  กับ  $\delta/S$  ในรูปที่ 4.7 พบว่าการใช้ VG ที่ระยะ  $\delta/S=0.25$  จะเหมาะสมที่สุดสำหรับดัดฟิวเซอร์แบบ Transitory stall และ Fully-developed stall เพราะทำให้สมรรถนะโดยรวมของดัดฟิวเซอร์เพิ่มค่ามากที่สุด ซึ่งถ้ามีการประยุกต์ VG แบบที่ใช้ในงานวิจัยไปใช้กับอุตสาหกรรมก็ควรที่จะติด VG ให้มีระยะห่างเป็น 4 เท่าของความหนา 95% ของชั้นขอบเขต

สำหรับดัชนีความเบี่ยงเบนของความดันรวมในกราฟรูปที่ 4.10-4.18 พบว่าการใช้ VG ในดัดฟิวเซอร์แบบ Transitory stall และ Fully-developed stall จะลดค่า  $D_{max}$  ได้มาก ถ้าใช้ VG ที่มี  $\delta/S$  เพิ่มจาก 0 ถึง 0.25 แต่ถ้าใช้ VG ที่ถี่มากขึ้นจะไม่ทำให้ค่า  $D_{max}$  เปลี่ยนแปลงมากนัก ในกรณี ดัดฟิวเซอร์แบบ Jet flow จะต้องใช้ VG ที่มีระยะ  $\delta/S$  มากกว่า 0.15 จึงจะทำให้  $D_{max}$  ลดลงได้มาก แต่ถ้าใช้ VG ที่มีระยะ  $\delta/S$  มากกว่า 0.25 จะไม่ทำให้  $D_{max}$  เปลี่ยนแปลงมากนักเช่นเดียวกัน โดยดัดฟิวเซอร์แบบ Transitory stall จะลดค่า  $D_{max}$  ได้มากที่สุดประมาณ 23% และดัดฟิวเซอร์แบบ Fully-developed stall และ Jet flow จะลดค่า  $D_{max}$  ได้ประมาณ 20% จากดัดฟิวเซอร์ที่ไม่ได้ติดตั้ง VG

ค่า  $D_{min}$  และ  $\Delta D$  จะมีแนวโน้มของกราฟคล้ายคลึงกับ  $D_{max}$  คือการใช้ VG ที่มี  $\delta/S$  เพิ่มขึ้นจาก 0 ถึง 0.25 ในดัดฟิวเซอร์แบบ Transitory stall และ Fully-developed stall จะสามารถปรับปรุง  $D_{min}$  และ  $\Delta D$  ได้มาก แต่ถ้าใช้ VG ที่มี  $\delta/S$  มากกว่า 0.25 จะไม่ทำให้  $D_{min}$  และ  $\Delta D$  เปลี่ยนแปลงไปมากนัก โดยทั้งสองดัดฟิวเซอร์พบว่า การใช้ VG ที่มี  $\delta/S$  เท่ากับ 0.25 จะทำให้ปรับปรุง  $D_{min}$  และ  $\Delta D$  ได้มากที่สุด คือ ดัดฟิวเซอร์แบบ Transitory stall จะมีค่าสัมบูรณ์ของ  $D_{min}$  ลดลง 20% และ  $\Delta D$  ลดลง 23% และดัดฟิวเซอร์แบบ Fully-developed stall จะมีค่าสัมบูรณ์ของ  $D_{min}$  ลดลง 15% และ  $\Delta D$  ลดลง 15% จากดัดฟิวเซอร์ที่ไม่ได้ติดตั้ง VG เช่นกัน

ในกรณีของดีฟฟิวเซอร์แบบ Jet flow จะต้องใช้ VG ที่มี  $\delta/S$  มากกว่า 0.15 จึงจะสามารถปรับปรุง  $D_{min}$  และ  $\Delta D$  ได้มาก แต่ถ้าใช้ VG ที่มี  $\delta/S$  มากกว่า 0.25 จะไม่ทำให้ค่าสัมประสิทธิ์ทั้งสองเปลี่ยนแปลงไปมากนัก โดยการใช้ VG ที่  $\delta/S$  เท่ากับ 0.25 จะปรับปรุงค่าทั้งสองได้มากที่สุด โดยที่จะสามารถลดค่าสัมบูรณ์ของ  $D_{min}$  ได้ประมาณ 9% และลดค่า  $\Delta D$  ได้ประมาณ 15% จากดีฟฟิวเซอร์ที่ไม่ได้ติดตั้ง VG

นอกจากนั้นค่าความเบี่ยงเบน  $C_{pr}$  ตามกราฟในรูปที่ 4.23-4.25 จะมีแนวโน้มที่คล้ายคลึงกับผลของการกระจายความดันรวมคือ ดีฟฟิวเซอร์แบบ Transitory stall และ Jet flow พบว่า  $\sigma_{C_{pr}}$  มีแนวโน้มว่ามีค่าลดลงเมื่อใช้ VG แต่ในดีฟฟิวเซอร์แบบ Fully-developed stall พบว่า  $\sigma_{C_{pr}}$  มีแนวโน้มว่ามีค่าเพิ่มขึ้น

ผลของการเปลี่ยนแปลงขนาดหน้าตัดต่อค่า  $D$  ในกราฟรูปที่ 4.44-4.55 แสดงให้เห็นว่าถึงแม้ขนาดของหน้าตัดจะเปลี่ยนแปลงไปประมาณ 40% ค่า  $D$  ยังคงใกล้เคียงกันคือเปลี่ยนแปลงไปเพียง 10% เท่านั้น ดังนั้นการเลือกใช้  $D$  เป็นสัมประสิทธิ์ที่แสดงความเบี่ยงเบนของความดันรวมจึงมีความเหมาะสม โดยใช้ขนาดหน้าตัดในช่วงประมาณ 10% ถึง 50% ของพื้นที่หน้าตัดทางออกของดีฟฟิวเซอร์ทั้งหมด

### 5.3 ข้อเสนอแนะของงานวิจัยในอนาคต

จากผลการวิจัยพบว่าพารามิเตอร์ของ VG ที่ใช้นี้อาจจะมีความเหมาะสมกับดีฟฟิวเซอร์แบบ Transitory stall และ Fully-developed stall แต่ในกรณีที่เป็นดีฟฟิวเซอร์แบบ Jet flow อาจจะต้องใช้ VG แบบใหม่ที่ทำให้เกิด strength ของวอร์เทกซ์สูงขึ้น ดังนั้นจึงมีความน่าสนใจในการออกแบบ VG เพื่อใช้กับดีฟฟิวเซอร์แบบ Jet flow โดยอาจจะเปลี่ยนไปใช้ half-delta wing ที่มีขนาดใหญ่ขึ้นหรือเปลี่ยนไปใช้ VG ที่มีลักษณะอื่นๆ ซึ่งจะทำให้ความแข็งแรงของวอร์เทกซ์เพิ่มขึ้นและจะสามารถลดบริเวณของการไหลแยกตัวได้ดีกว่า แต่อย่างไรก็ตามการใช้ VG ที่มีขนาดใหญ่มากขึ้นจะต้องคำนึงถึง การสูญเสียพลังงานและ vortex shedding จาก VG เอง เคลื่อนที่ออกจากดีฟฟิวเซอร์ด้วย

ในงานวิจัยในอนาคตอาจจะทำการศึกษาในรายละเอียดของผลของ adverse pressure gradient ในดีฟฟิวเซอร์ต่อการรวมตัวกันของวอร์เทกซ์ที่อยู่ติดกัน ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างมากในการนำมาอธิบายปรากฏการณ์ของการไหลในดีฟฟิวเซอร์และผลของการใช้ VG ในการลดบริเวณของการไหลแยกตัวออกจากผนังในดีฟฟิวเซอร์ ในงานวิจัยนั้นอาจจะใช้ hot-wire anemometer วัด circulation ของวอร์เทกซ์ที่เกิดจาก half-delta wing ที่ระยะ downstream ต่างๆบนผนังดีฟฟิวเซอร์ หรือทำการพัฒนาเทคนิค flow visualization เพื่อทำให้เห็นปรากฏการณ์ของการถ่ายเทโมเมนตัมจากวอร์เทกซ์ไปสู่การไหลบนผนังดีฟฟิวเซอร์

ในงานวิจัยนี้ได้ติดตั้งปีกครึ่งสามเหลี่ยมบนผนังของทางเข้าดีฟิวเซอร์ ซึ่งอาจจะทำให้ทิศทางการเคลื่อนที่ของวอร์เทกซ์ไม่เข้าใกล้กับผนังมากนักตามรูปที่ 5.6 ทำให้ประสิทธิภาพในการถ่ายเทโมเมนตัมจาก freestream ไปสู่การไหลใกล้กับผนังไม่สูงนัก ดังนั้นถ้ามีการเปลี่ยนแปลงลักษณะการติดตั้งปีกครึ่งสามเหลี่ยมให้มีทิศของวอร์เทกซ์เข้าหาผนังของดีฟิวเซอร์มากขึ้น โดยการติดตั้งปีกครึ่งสามเหลี่ยมบน vane ที่ทางเข้าของดีฟิวเซอร์ ในลักษณะดังรูปที่ 5.7 อาจจะทำให้เพิ่มสมรรถนะของดีฟิวเซอร์ได้มากขึ้น แต่อย่างไรก็ตามจะต้องคำนึงถึงแรงต้านที่จะเกิดขึ้นบน vane และความแข็งแรงด้วย



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



**ประมวลตาราง**

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ตารางที่ 1.1 ผลงานวิจัยในอดีตที่เกี่ยวกับคิฟฟิวเซอร์

ผู้วิจัย	อุปกรณ์ในการทดลอง	การ set up ชุดทดลอง	ผลการทดลอง
Carlson et al. (1967)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- คิฟฟิวเซอร์ทรงระฆัง, ผนังตรง และทรงแตร 2 มิติ</li> <li>- <math>2\theta = 9, 15, 21, 26</math> องศา</li> <li>- <math>L/W_1 = 3, 6, 18</math></li> <li>- <math>AR = 4</math> สำหรับ <math>L/W_1 = 3, 6</math></li> <li>- <math>AR = 6</math> สำหรับ <math>L/W_1 = 18</math></li> </ul>	<p><math>Re = 1.6 \times 10^5</math></p> <p>ทำให้เป็น turbulence boundary layer โดยการ trip ชั้นขอบเขต</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- การเลือกใช้รูปร่างของผนังคิฟฟิวเซอร์ 2 มิติจะมีผลต่อ <math>C_p</math> เพียงเล็กน้อย</li> <li>- สำหรับคิฟฟิวเซอร์ที่มีการไหลแบบที่ไม่มีมีการไหลแยกตัวออกจากผนังหรือมีบ้างเล็กน้อยนั้น ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าผนังทรงระฆังจะให้ค่า <math>C_p</math> มากกว่าคิฟฟิวเซอร์ผนังตรง ซึ่งจะตรงกันข้ามกับคิฟฟิวเซอร์ผนังรูปแตรที่จะมีค่า <math>C_p</math> ต่ำสุด และการออกแบบผนังจะต้องทำให้มี local adverse pressure gradient ที่ทางเข้าสูงกว่าที่ทางออก</li> <li>- คิฟฟิวเซอร์ที่มีมุมรวมสูงนั้น ควรจะใช้ผนังแบบตรง เพราะจะให้ค่า <math>C_p</math> สูงกว่ารูปร่างผนังแบบอื่นๆ</li> </ul>

ผู้วิจัย	อุปกรณ์ในการทดลอง	การ set up ชุดทดลอง	ผลการทดลอง
Brown et al. (1968)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ดิฟฟิวเซอร์ของเครื่องยนต์เครื่องบิน</li> <li>- <math>AR = 4.2</math></li> <li>- ติดตั้ง VG แบบ rectangular vane ด้วยมุมปะทะ 16 องศา, <math>h</math> เท่ากับ 1.2 เท่าของ <math>\delta</math></li> </ul>	<p>Mach Number = 0.5, <math>\delta = 0.27</math> in., การไหลเป็น 2D flow</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- การใช้ line vortex จะต้องมีการวางตัว VG ที่เหมาะสม เพื่อให้ปฏิสัมพันธ์ระหว่างวอร์เท็กซ์ด้วยกันมีทิศทางผลกวอร์เท็กซ์เข้าใกล้ผนัง</li> <li>- ทั้ง loss และ distortion จะลดลงประมาณ 40% แต่ถ้าวาง VG ไม่เหมาะสมกับตัวดิฟฟิวเซอร์จะทำให้เกิดผลเสีย และประสิทธิภาพของดิฟฟิวเซอร์จะต่ำกว่ากรณีที่ไม่ได้ติด VG เสียอีก</li> </ul>
Senoo and Nishi (1974)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ดิฟฟิวเซอร์ทรงกรวย 5 ขนาดมี <math>AR = 4</math> โดยมีมุม <math>2\theta = 8, 12, 16, 20</math> และ 30 องศา</li> <li>- ใช้ VG เป็น airfoil ความยาว chord = 20 มม. หน้า 2 มม.</li> </ul>	<p>ทางเข้าเป็น turbulent boundary layer มี <math>Re_d = 3 \times 10^5 - 7 \times 10^5</math> มี turbulent intensity = 1%</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- VG สามารถป้องกันการไหลแยกตัวออกจากผนังได้ ถ้ามุมรวมไม่เกิน <math>16^\circ</math> โดยพารามิเตอร์ของ VG มีดังนี้ อัตราส่วนของ chord ต่อรัศมีที่ทางเข้าดิฟฟิวเซอร์เท่ากับ 0.26 อัตราส่วนความสูงต่อความยาว VG เท่ากับ 1.5 มีมุมปะทะ 14 องศา การหมุนของวอร์เท็กซ์แบบหมุนตามกัน</li> <li>- Pressure recovery จะเพิ่มขึ้นได้เท่ากับดิฟฟิวเซอร์ที่มี pressure recovery สูงที่สุด</li> <li>- ควรติดตั้ง VG ที่ก่อนทางเข้าของดิฟฟิวเซอร์ประมาณ 3-8 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของดิฟฟิวเซอร์</li> </ul>



ผู้วิจัย	อุปกรณ์ในการทดลอง	การ set up ชุดทดลอง	ผลการทดลอง
Hoffmann (1981)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ดิฟฟิวเซอร์ที่มีมุมรวม 12 และ 20 องศา</li> <li>- <math>AR = 5.86</math></li> <li>- ใช้ rod ในการสร้าง freestream turbulence โดยวาง rod ให้ตั้งฉากกับการไหลที่ทางเข้าและขนานกับผนังด้านเอียงของดิฟฟิวเซอร์</li> </ul>	$Re = 7.83 \times 10^4$ $2\delta_1 / W_1 = 0.04$ shape factor ( $H$ ) = 1.56	<ul style="list-style-type: none"> <li>- เมื่อค่า inlet integral length scale มีค่าเท่ากับ 7.2 เท่าของ <math>\delta_1</math> และค่า turbulence intensity มีค่าอย่างน้อย 0.035 จะทำให้ดิฟฟิวเซอร์ที่มีมุมรวม 12 องศา มีค่า <math>C_p</math> เพิ่มขึ้น 11.3% และมุมรวม 20 องศา เพิ่มขึ้น 23.9%</li> <li>- eddy ที่มีแกนการหมุนตั้งฉากกับการไหลและขนานกับผนังเอียงของดิฟฟิวเซอร์จะสามารถเคลื่อนที่เพื่อส่ง turbulence energy ไปสู่ผนังของดิฟฟิวเซอร์ได้ดี</li> </ul>

ผู้วิจัย	อุปกรณ์ในการทดลอง	การ set up ชุดทดลอง	ผลการทดลอง
Goenka (1989)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ดิฟฟิวเซอร์ที่มีมุมรวม 20 องศา ทางเข้าหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า กว้าง 76 mm. ยาว 133 mm. ค่า <math>AR = 2</math></li> <li>- ใช้ปริมาตรที่มีลักษณะคล้าย delta wing 2 อัน วางไว้บนผนังด้านเอียงของดิฟฟิวเซอร์</li> </ul>	<p><math>Re = 900-30,000</math></p> <p>เปลี่ยนแปลงความสูงของปริมาตรเป็น <math>2h/3, h, 4h/3</math> และ <math>5h/3</math></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ค่า <math>C_p</math> เพิ่มมากขึ้นเนื่องจากการปรับปรุงความ uniformity ของความเร็วที่ทางออกของดิฟฟิวเซอร์</li> <li>- บริเวณของ separation จะถูกแทนที่ด้วย longitudinal vortex</li> <li>- ลักษณะการไหลใน 3 มิติจะมีคุณสมบัติในการป้องกัน separation ได้ดีกว่าการไหล 2 มิติ</li> <li>- ถ้ายอดของปริมาตรอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าปากทางเข้าของดิฟฟิวเซอร์ จะไม่มีผลต่อรูปแบบการไหลในดิฟฟิวเซอร์</li> <li>- การใช้ปริมาตรขนาดใหญ่จะทำให้เกิดวอร์เทกซ์ขนาดใหญ่ซึ่งจะมี kinetic energy loss สูงมาก</li> </ul>
Anabtawi et al. (1998)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ดิฟฟิวเซอร์ของเครื่องยนต์เครื่องบิน ที่มีหน้าตัดรูปครึ่งวงกลม</li> <li>- <math>AR = 1.7</math></li> <li>- ความยาวดิฟฟิวเซอร์เท่ากับ 3 เท่าของ exit hydraulic diameter</li> </ul>	<p>B.L. มี <math>H = 2.3</math> และ <math>\delta_2/R_1 = 0.05</math>, เปลี่ยนแปลงความสูงของ VG จาก <math>\delta/4</math> ถึง <math>\delta</math> และเปลี่ยนแปลง chord ของ VG จาก <math>3h</math> ถึง <math>10h</math> และ <math>\alpha = 15</math> องศา</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- การใช้ VG จะทำให้ค่า <math>K</math> อาจจะมีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลงอยู่ในช่วง 0.17-0.21 และ <math>D</math> มีค่าลดลงอยู่ในช่วง 0.24-0.54 เมื่อเปรียบเทียบกับดิฟฟิวเซอร์แบบธรรมดาที่มี <math>K = 0.19</math> และ <math>D = 0.63</math></li> <li>- พบว่ารูปร่าง planform ของ VG มีผลต่อสมรรถนะของดิฟฟิวเซอร์มากและค่าความสูงของ delta wing ที่เหมาะสมควรมีค่าประมาณเท่ากับความหนาของชั้นขอบเขต และควรจะมีค่า <math>\Lambda</math> อย่างน้อย 50 องศา</li> </ul>

ตารางที่ 3.1 พารามิเตอร์ของดีฟฟิวเซอร์ที่ใช้ในการทดลอง

Flow Regimes	$AR$	$2\theta$ (deg.)	$L/W_1$
Transitory stall	3.9	28	5.8
Fully-developed stall	3.9	50	3.1
Jet	3.9	70	2.1

ตารางที่ 3.2 พารามิเตอร์ของชั้นขอบเขตจากการเปรียบเทียบชุดทดลอง  
( $n$  คือ  $1/n$  ของสมการ power law และ  $R^2$  คือ Goodness of fit)

Position	Boundary layer velocity equation	$n$	$R^2$	$\delta$ (mm.)	$\delta_1$ (mm.)	$\delta_2$ (mm.)	$H$
A	$u/U = 0.95 (y/\delta)^{0.14}$	7.1	0.97	28	4.8	3.6	1.3
B	$u/U = 0.95 (y/\delta)^{0.16}$	6.3	0.98	28	5.0	3.9	1.3
C	$u/U = 0.95 (y/\delta)^{0.15}$	6.7	0.99	28	4.9	3.7	1.3
D	$u/U = 0.95 (y/\delta)^{0.15}$	6.7	0.99	28	4.9	3.6	1.4
E	$u/U = 0.95 (y/\delta)^{0.16}$	6.3	0.98	28	5.0	3.9	1.3
F	$u/U = 0.95 (y/\delta)^{0.16}$	6.3	0.99	28	5.0	3.9	1.3
G	$u/U = 0.95 (y/\delta)^{0.14}$	7.1	0.95	30	5.1	3.9	1.3
H	$u/U = 0.95 (y/\delta)^{0.14}$	7.1	0.97	30	5.1	3.9	1.3
I	$u/U = 0.95 (y/\delta)^{0.16}$	6.3	0.99	30	5.4	4.2	1.3
J	$u/U = 0.95 (y/\delta)^{0.15}$	6.7	0.98	30	5.1	3.9	1.3

ตารางที่ 3.3 พารามิเตอร์ของวอร์เท็กซ์เจเนอร์เรเตอร์แบบ half-delta wing

$S$ (cm.)	$S/\delta$	$\delta/S$	$h/\delta$	$\Lambda$ (deg.)	$\alpha$ (deg.)	Number of wings (2 sides)
$\infty$	$\infty$	0	0	0	0	0
4	1.3	0.75	1.3	70	15	26
8	2.7	0.37				14
12	4	0.25				10
16	5.3	0.19				8
20	6.7	0.15				6

หมายเหตุ:  $S$  เท่ากับ  $\infty$  คือกรณีที่ไม่ได้ติดตั้งวอร์เท็กซ์เจเนอร์เรเตอร์  
( $\delta$  เท่ากับ 30 ม.ม.)

ตารางที่ 3.4 พารามิเตอร์ของชั้นขอบเขตของทุกการทดลอง ( $n$  คือ  $1/n$  ของสมการ power law และ  $R^2$  คือ Goodness of fit)

Case	Wall side	Boundary layer velocity equation	$n$	$R^2$	$\delta$ (mm.)	$\delta_1$ (mm.)	$\delta_2$ (mm.)	$H$
TSD0	Top	$u/U = 0.95 (y/\delta)^{0.17}$	5.9	0.98	30	5.6	4.2	1.3
	Bottom	$u/U = 0.95 (y/\delta)^{0.17}$	5.9	0.98	31	5.8	4.3	1.3
TSD75	Top	$u/U = 0.95 (y/\delta)^{0.17}$	5.9	0.98	30	5.6	4.2	1.3
	Bottom	$u/U = 0.95 (y/\delta)^{0.17}$	5.9	0.95	30	5.6	4.2	1.3
TSD37	Top	$u/U = 0.95 (y/\delta)^{0.16}$	6.3	0.97	31	5.6	4.3	1.3
	Bottom	$u/U = 0.95 (y/\delta)^{0.17}$	5.9	0.99	29	5.8	4.1	1.4
TSD25	Top	$u/U = 0.95 (y/\delta)^{0.18}$	5.6	0.98	32	6.2	4.5	1.4
	Bottom	$u/U = 0.95 (y/\delta)^{0.17}$	5.9	0.99	28	5.3	3.9	1.4
TSD19	Top	$u/U = 0.95 (y/\delta)^{0.17}$	5.9	0.97	31	5.8	4.3	1.3
	Bottom	$u/U = 0.95 (y/\delta)^{0.17}$	5.9	0.96	29	5.5	4.1	1.3
TSD15	Top	$u/U = 0.95 (y/\delta)^{0.16}$	6.3	0.97	32	5.8	4.5	1.3
	Bottom	$u/U = 0.95 (y/\delta)^{0.17}$	5.9	0.99	29	5.5	4.1	1.3
FSD0	Top	$u/U = 0.95 (y/\delta)^{0.17}$	5.9	0.99	31	5.8	4.3	1.3
	Bottom	$u/U = 0.95 (y/\delta)^{0.16}$	6.3	0.95	29	5.2	4.1	1.3

ตารางที่ 3.4(ต่อ) พารามิเตอร์ของชั้นขอบเขตของทุกการทดลอง (n คือ 1/n ของสมการ power law และ R<sup>2</sup> คือ Goodness of fit)

Case	Wall side	Boundary layer velocity equation	n	R <sup>2</sup>	$\delta$ (mm.)	$\delta_1$ (mm.)	$\delta_2$ (mm.)	H
FSD75	Top	$u/U = 0.95 (y/\delta)^{0.17}$	5.9	0.98	32	6.0	4.5	1.3
	Bottom	$u/U = 0.95 (y/\delta)^{0.16}$	6.3	0.97	29	5.2	4.1	1.3
FSD37	Top	$u/U = 0.95 (y/\delta)^{0.17}$	5.9	0.98	32	6.0	4.5	1.3
	Bottom	$u/U = 0.95 (y/\delta)^{0.17}$	5.9	0.96	29	5.5	4.1	1.3
FSD25	Top	$u/U = 0.95 (y/\delta)^{0.18}$	5.6	0.98	30	5.9	4.2	1.4
	Bottom	$u/U = 0.95 (y/\delta)^{0.17}$	5.9	0.97	30	5.6	4.2	1.3
FSD19	Top	$u/U = 0.95 (y/\delta)^{0.17}$	5.9	0.98	32	6.0	4.5	1.3
	Bottom	$u/U = 0.95 (y/\delta)^{0.17}$	5.9	0.99	28	5.3	3.9	1.4
FSD15	Top	$u/U = 0.95 (y/\delta)^{0.17}$	5.9	0.98	32	6.0	4.5	1.3
	Bottom	$u/U = 0.95 (y/\delta)^{0.16}$	6.3	0.99	28	5.0	3.9	1.3
JD0	Top	$u/U = 0.95 (y/\delta)^{0.16}$	6.3	0.98	28	5.0	3.9	1.3
	Bottom	$u/U = 0.95 (y/\delta)^{0.16}$	6.3	0.99	28	5.0	3.9	1.3
JD75	Top	$u/U = 0.95 (y/\delta)^{0.17}$	5.9	0.99	29	5.5	4.1	1.3
	Bottom	$u/U = 0.95 (y/\delta)^{0.17}$	5.9	0.98	28	5.3	3.9	1.4
JD37	Top	$u/U = 0.95 (y/\delta)^{0.15}$	6.7	0.97	29	5.0	4.1	1.2
	Bottom	$u/U = 0.95 (y/\delta)^{0.17}$	5.9	0.98	29	5.5	4.1	1.3
JD25	Top	$u/U = 0.95 (y/\delta)^{0.18}$	5.6	0.98	29	5.7	4.1	1.4
	Bottom	$u/U = 0.95 (y/\delta)^{0.18}$	5.6	0.98	30	5.9	4.2	1.4
JD19	Top	$u/U = 0.95 (y/\delta)^{0.17}$	5.9	0.99	30	5.6	4.2	1.3
	Bottom	$u/U = 0.95 (y/\delta)^{0.17}$	5.9	0.99	28	5.3	3.9	1.4
JD15	Top	$u/U = 0.95 (y/\delta)^{0.17}$	5.9	0.99	29	5.5	4.1	1.3
	Bottom	$u/U = 0.95 (y/\delta)^{0.17}$	5.9	0.97	29	5.5	4.1	1.3

ตารางที่ 4.1 สัมประสิทธิ์การฟื้นความดันสถิต ( $C_p$ ) ของดิฟฟิวเซอร์

$\delta/s$	0	0.15	0.19	0.25	0.37	0.75
TSD	0.14	0.18	0.18	0.21	0.20	0.20
FSD	0.15	0.17	0.18	0.19	0.17	0.16
JD	-0.02	-0.01	0.00	0.01	0.00	-0.01

ตารางที่ 4.2 สัมประสิทธิ์การสูญเสียความดันรวม ( $K$ ) ของดิฟฟิวเซอร์

$\delta/s$	0	0.15	0.19	0.25	0.37	0.75
TSD	0.71	0.68	0.67	0.67	0.68	0.67
FSD	0.69	0.66	0.65	0.65	0.67	0.68
JD	0.83	0.84	0.84	0.84	0.84	0.85

ตารางที่ 4.3 ดัชนีความเบี่ยงเบนความดันรวมสูงสุด ( $D_{max}$ )  
สำหรับหน้าต่างขนาด 8x8

$\delta/s$	0	0.15	0.19	0.25	0.37	0.75
TSD	0.79	0.66	0.67	0.61	0.61	0.63
FSD	0.82	0.70	0.70	0.69	0.67	0.67
JD	1.79	1.72	1.55	1.44	1.48	1.56

ตารางที่ 4.4 ดัชนีความเบี่ยงเบนความดันรวมต่ำสุด ( $D_{min}$ )  
สำหรับหน้าต่างขนาด 8x8

$\delta/s$	0	0.15	0.19	0.25	0.37	0.75
TSD	-0.64	-0.53	-0.54	-0.51	-0.51	-0.50
FSD	-0.62	-0.55	-0.53	-0.53	-0.55	-0.59
JD	-1.34	-1.38	-1.28	-1.22	-1.27	-1.35



ตารางที่ 4.5 ความแตกต่างของค่าสูงสุดและต่ำสุดของดัชนีความเบี่ยงเบน  
ความดันรวม ( $\Delta D$ ) สำหรับหน้าต่าขนาด 8x8

$\delta/s$	0	0.15	0.19	0.25	0.37	0.75
TSD	1.43	1.19	1.20	1.12	1.12	1.13
FSD	1.44	1.25	1.23	1.21	1.22	1.26
JD	3.13	3.10	2.84	2.66	2.75	2.91

ตารางที่ 4.6 ค่า blockage ratio ( $B_w$ ) ของทุกการทดลอง

$\delta/s$	0	0.15	0.19	0.25	0.37	0.75
TSD	0.09	0.11	0.12	0.12	0.13	0.18
FSD	0.08	0.10	0.11	0.12	0.13	0.18
JD	0.08	0.11	0.11	0.12	0.13	0.17

ตารางที่ 4.7 ค่าความเบี่ยงเบน  $C_{pr}$  ( $\sigma_{C_{pr}}$ ) ของดิฟฟิวเซอร์

$\delta/s$	0	0.15	0.19	0.25	0.37	0.75
TSD	0.22	0.20	0.21	0.19	0.20	0.18
FSD	0.24	0.23	0.24	0.24	0.25	0.25
JD	0.28	0.25	0.24	0.23	0.23	0.23

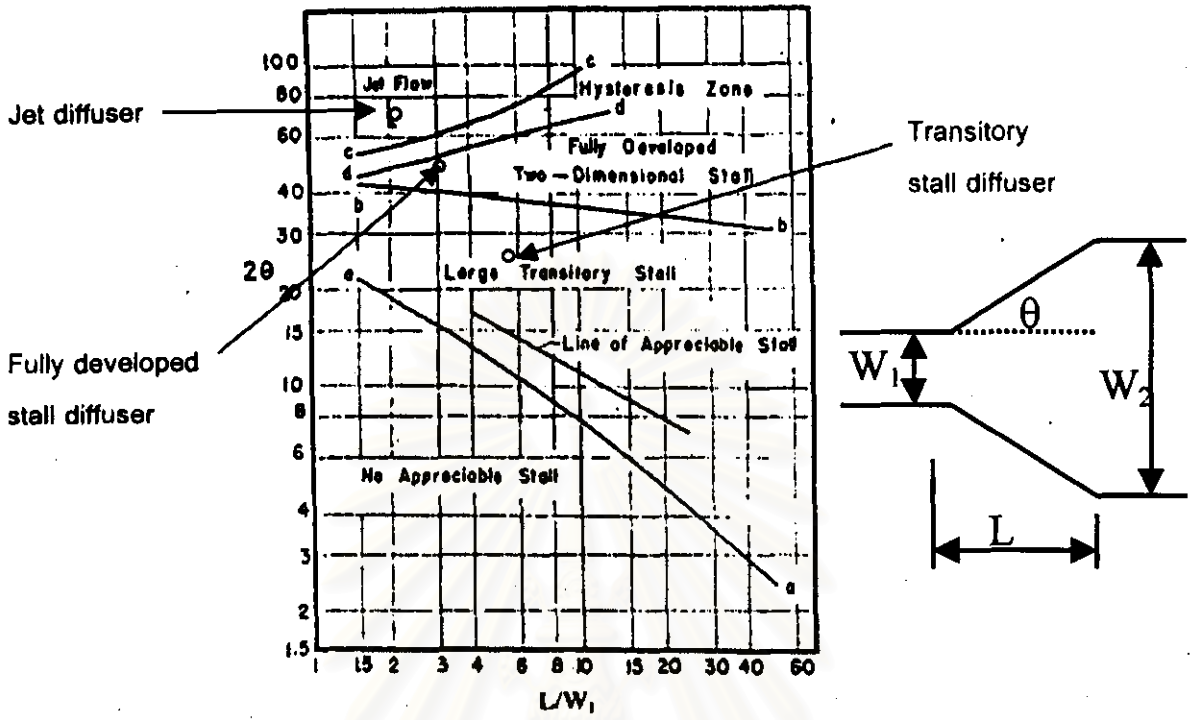
ตารางที่ 4.8 ค่า uncertainty ของพารามิเตอร์ที่แสดงสมรรถนะของดิฟฟิวเซอร์

Case	$C_p$	$K$	$D_{max}$	$D_{min}$	$\Delta D$	$C_{pr}$	$\sigma_{C_{pr}}$	$C_{pw}$
TSD	0.01	0.02	0.04	0.02	0.06	0.03	0.03	0.01
FSD	0.01	0.02	0.04	0.03	0.07	0.03	0.03	0.01
JD	0.01	0.02	0.1	0.04	0.14	0.03	0.03	0.01

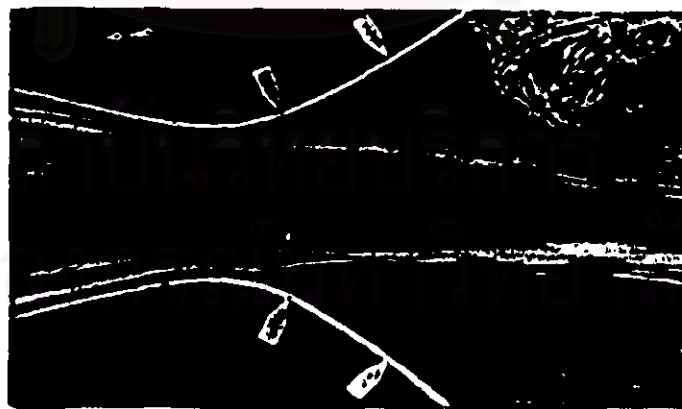


**ประมวลรูปภาพ**

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.1 Flow regimes ของดีฟิวเซอร์หนึ่งตรงที่มีลักษณะการไหลแบบ 2 มิติ (Reneau et al., 1967) และจุดแสดงดีฟิวเซอร์ที่ใช้ในการศึกษานี้



(n)

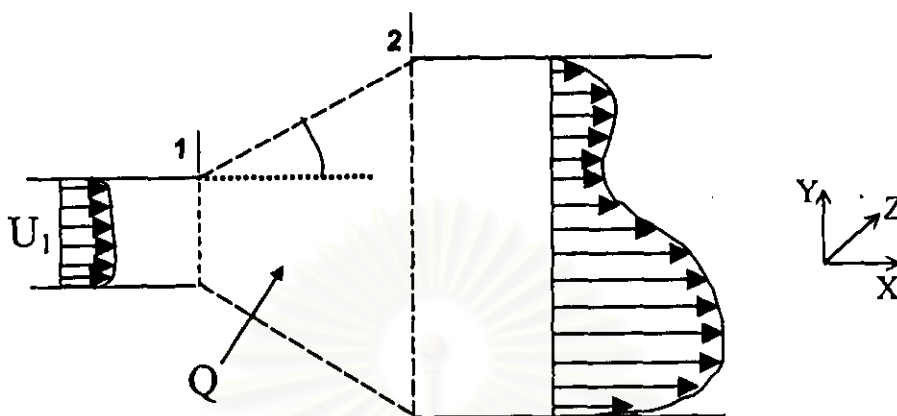


(ข)

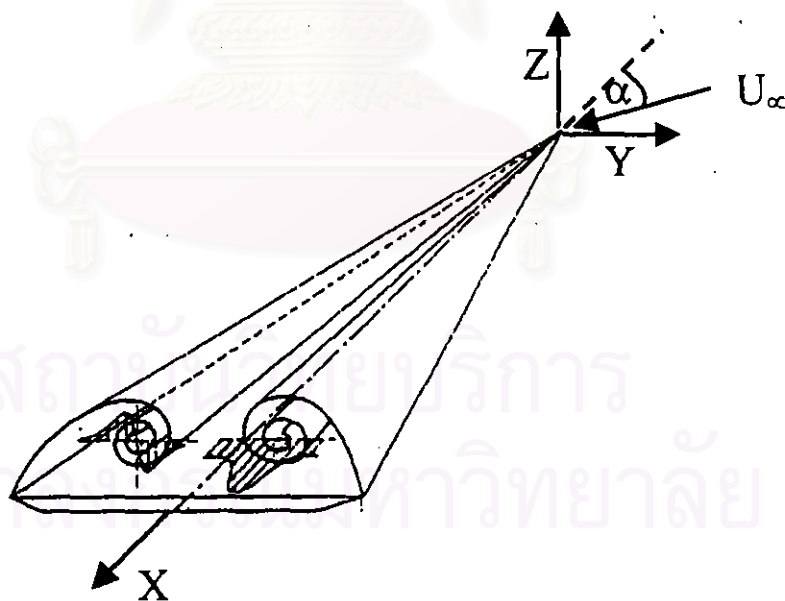


(ค)

รูปที่ 2.2 (ก-ค) การไหลใน divergent channel เมื่อมี wall-suction (Schlichting, 1968)  
 (ก) flow separation ใน divergent channel เมื่อไม่มีการดูด, (ข) การไหลเมื่อมี wall-suction ที่ผนังด้านบน, (ค) การไหลเมื่อมี wall-suction บนผนังทั้งสองด้าน



รูปที่ 2.3 Control volume ของการไหลผ่านดีฟิวเซอร์



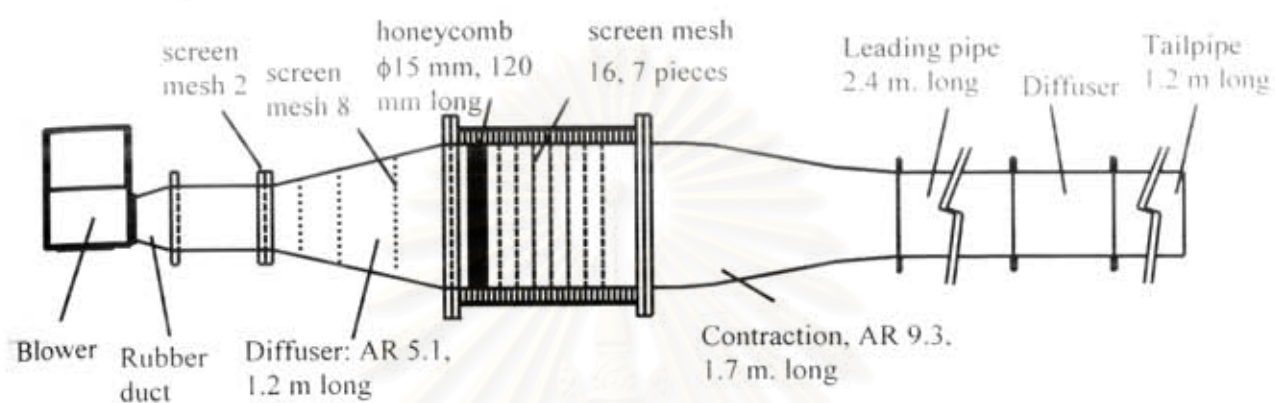
รูปที่ 2.4 ลักษณะการเกิด leading edge vortices บน delta-wing  
(Menke and Gursul, 1997)



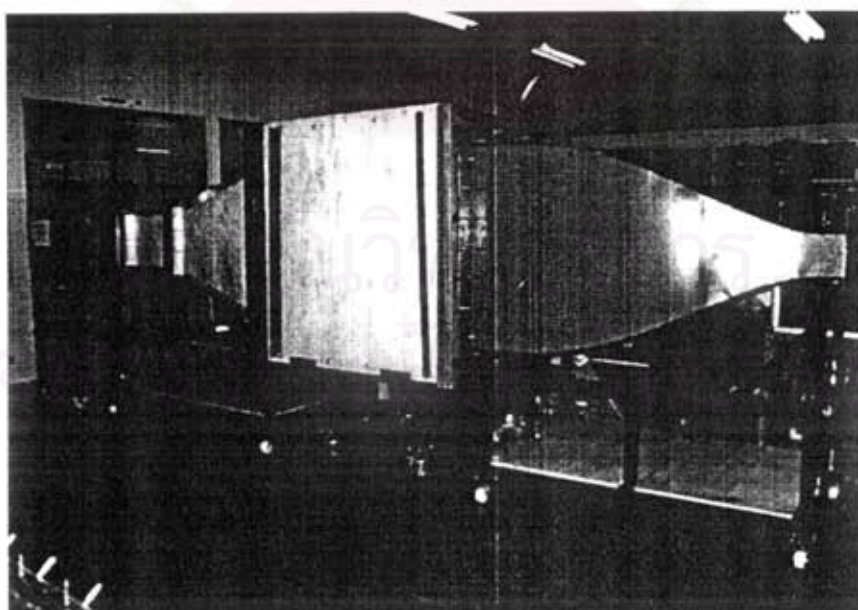
รูปที่ 2.5 รูปแบบของ vortex breakdown: ด้านบนเป็นแบบ spiral, ด้านล่างเป็นแบบ bubble (Lambourne and Bryer, 1961)

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

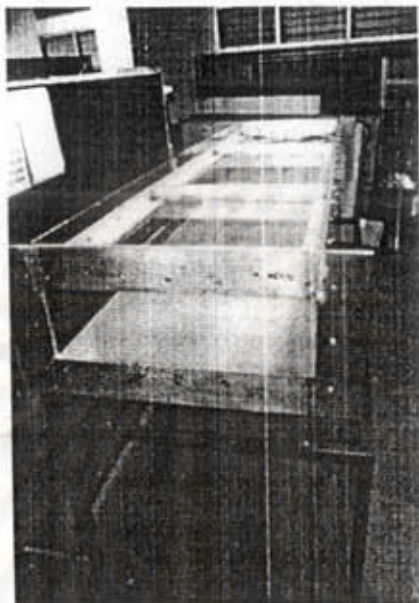




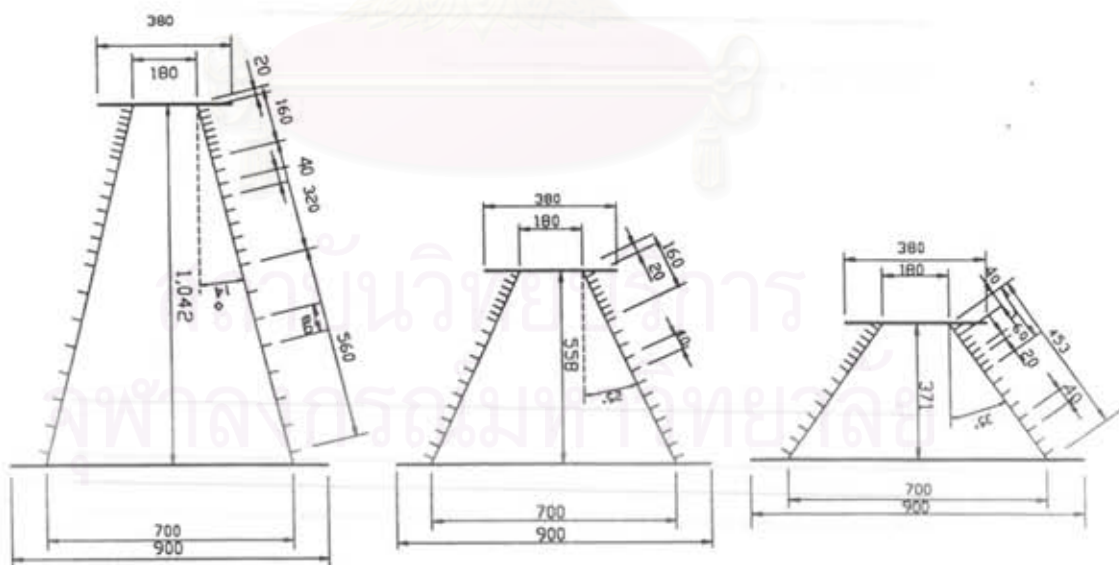
รูปที่ 3.1 อุโมงค์ลมที่ใช้ในการทดลอง (ด้านบน)



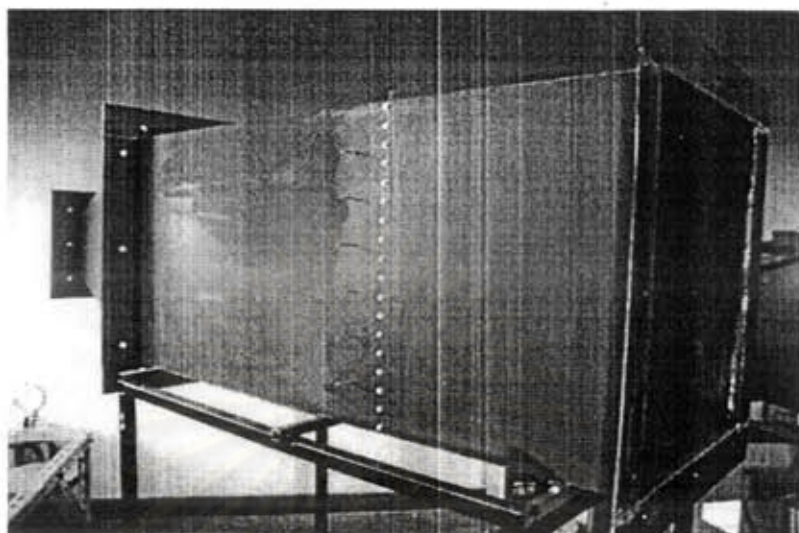
รูปที่ 3.2 ภาพถ่ายอุโมงค์ลม



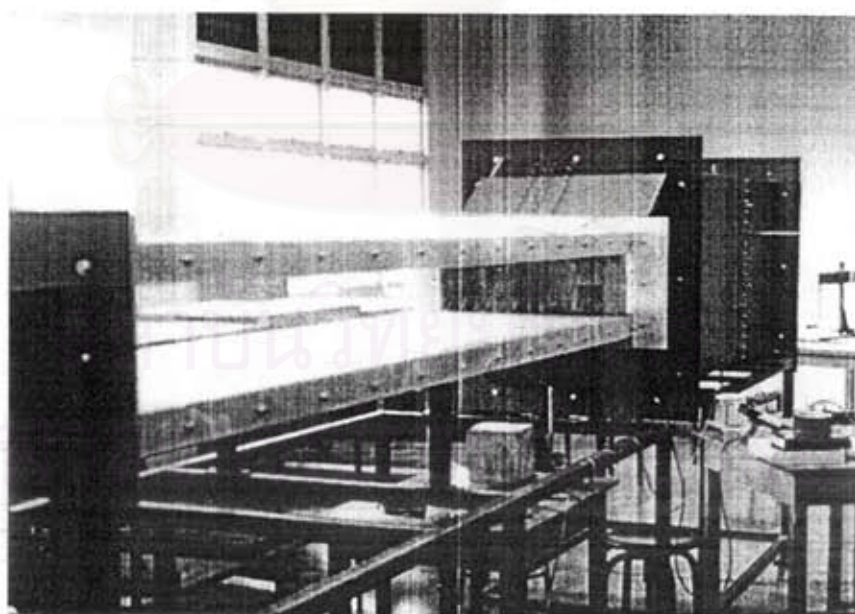
รูปที่ 3.3 ลักษณะของท่อทางเข้าดีฟิวเซอร์



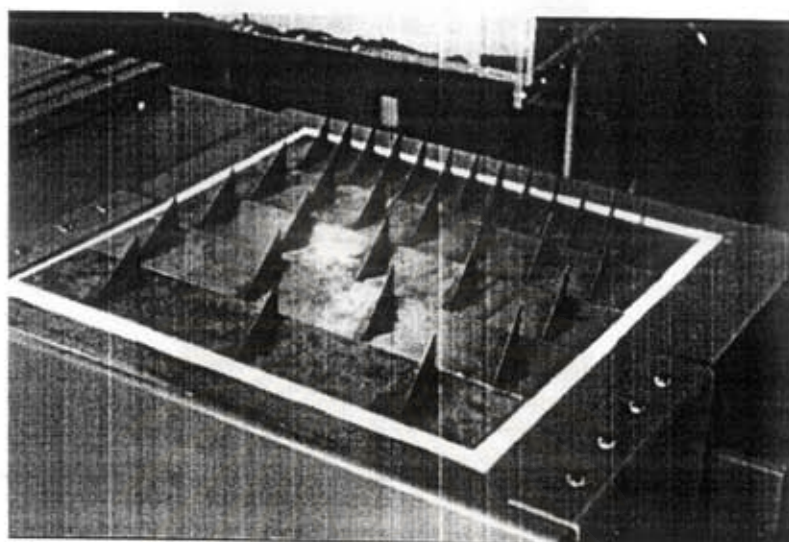
รูปที่ 3.4 รูปเปรียบเทียบดีฟิวเซอร์ทั้งสามขนาดคือ Transitory stall, Fully developed stall และ Jet flow (ซ้ายมาขวาและหน่วยเป็น มม.)



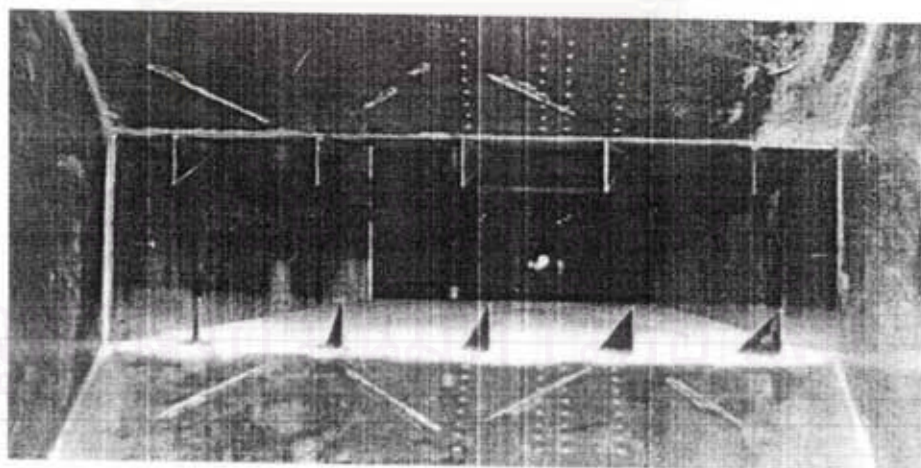
รูปที่ 3.5 ลักษณะของ Tailpipe และตำแหน่งของ pressure tap และรูที่ใช้สอด probe



รูปที่ 3.6 การประกอบท่อทางเข้าดีฟิวเซอร์, ดีฟิวเซอร์ และ tailpipe



รูปที่ 3.7 VG ที่มีระยะห่างต่าง ๆ กัน โดยเรียงลำดับจากด้านหน้าคือ  $\delta/S$  เท่ากับ 0.15, 0.19, 0.25, 0.37 และ 0.75 ตามลำดับ.

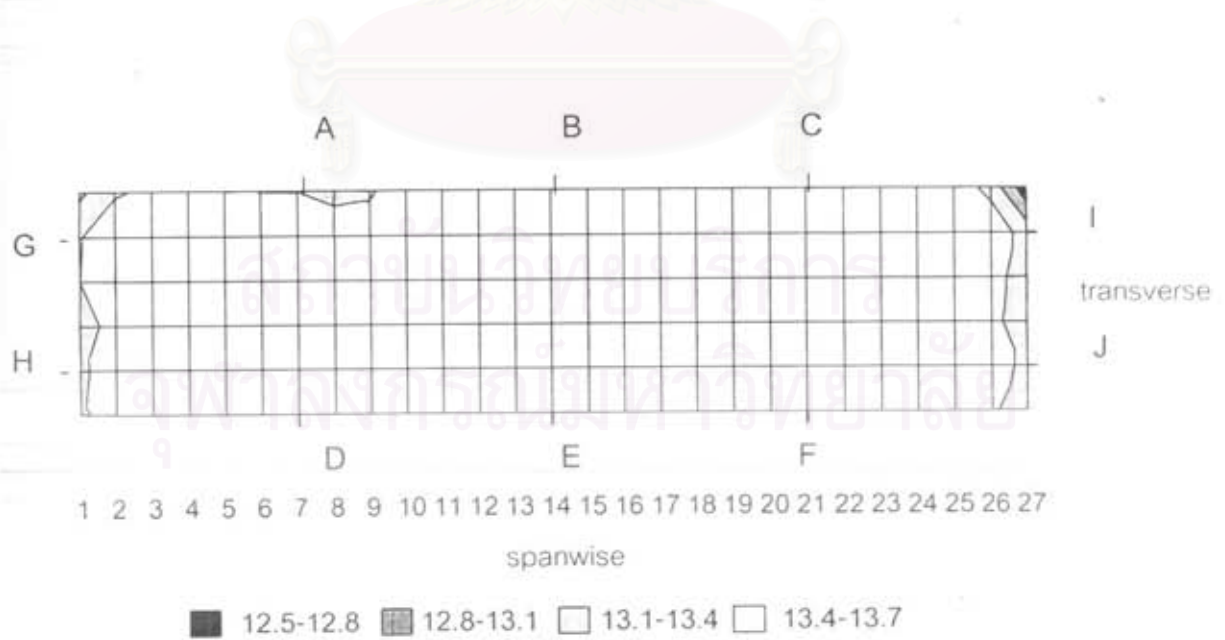


รูปที่ 3.8 การติดตั้งวอร์เท็กซ์เจเนอเรเตอร์ที่ปากทางเข้าดีฟิวเซอร์

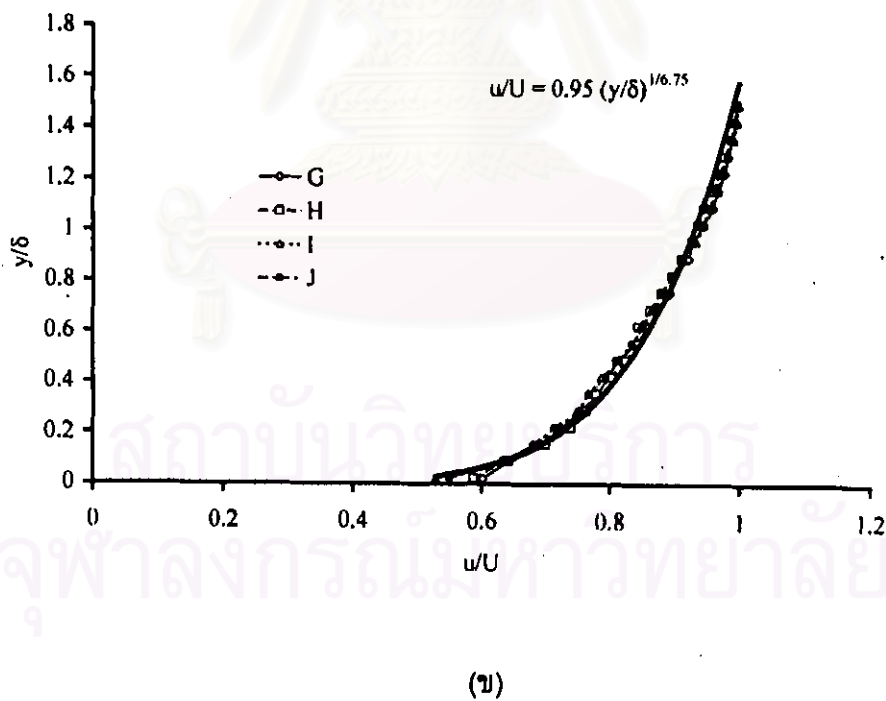
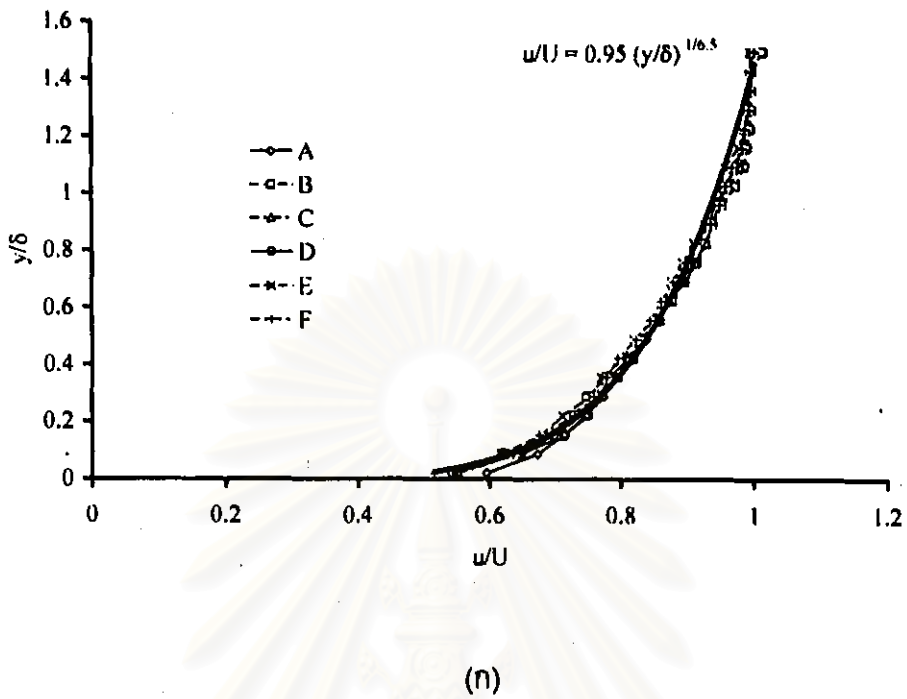




รูปที่ 3.9 ภาพถ่าย pitot probe ที่ใช้ในการวัดความดันรวมที่ตำแหน่งที่ 1

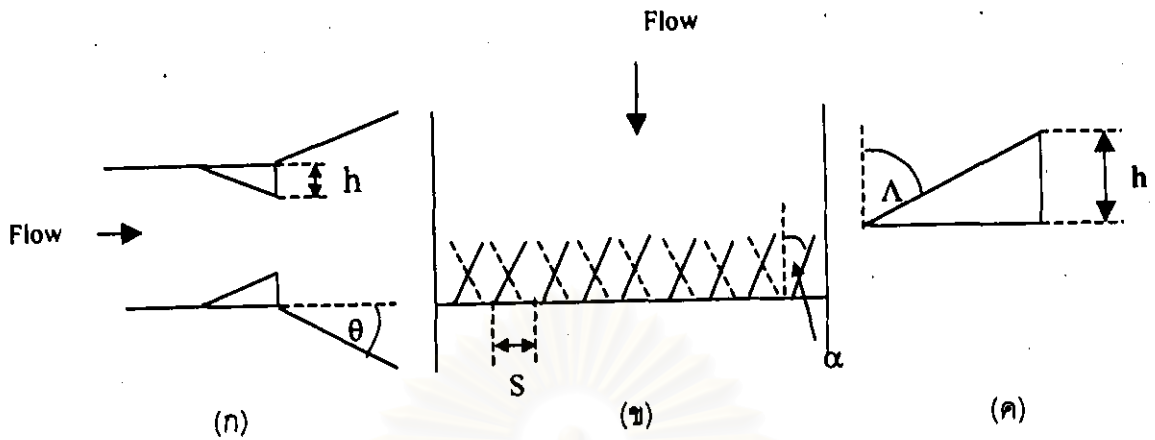


รูปที่ 3.10 การกระจายความดันรวมที่ปลาย leading pipe

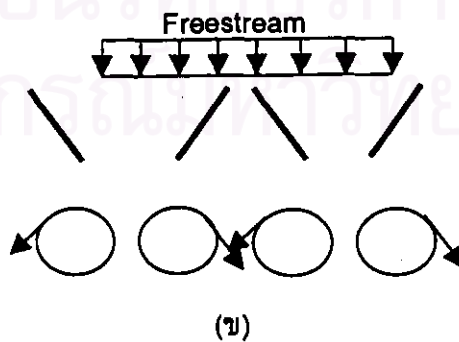
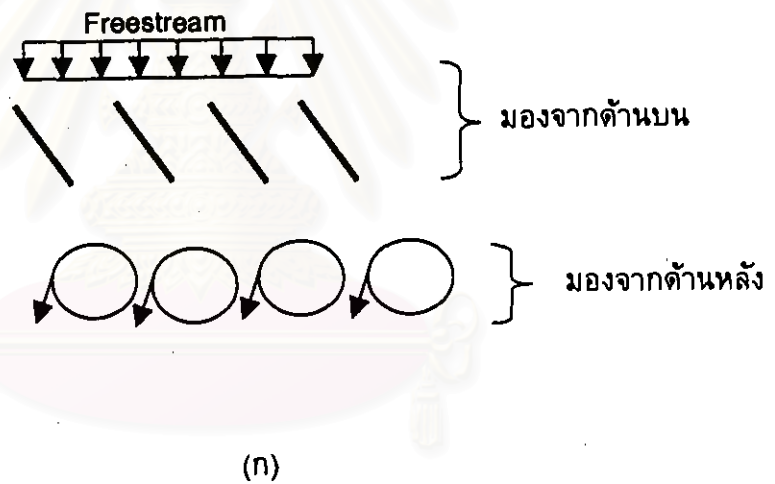


รูปที่ 3.11 รูปร่างความเร็วในชั้นขอบเขตที่ตำแหน่ง: (ก) ผนังด้านบนและด้านล่างที่ตำแหน่ง A, B, C, D, E และ F, (ข) ผนังด้านข้างที่ตำแหน่ง G, H, I และ J ในรูปที่ 3.10





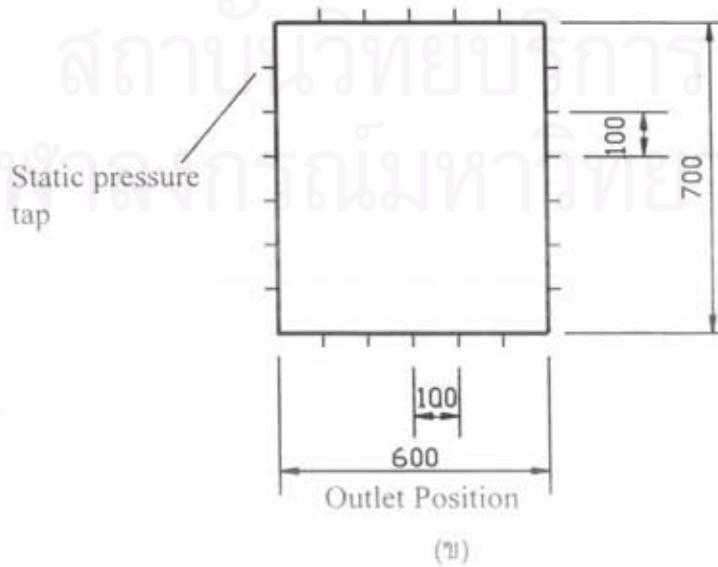
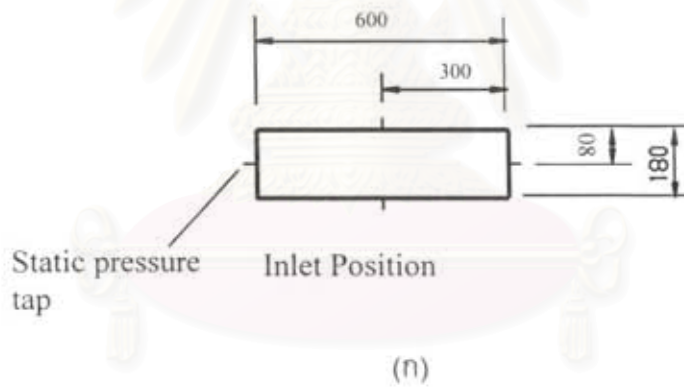
รูปที่ 3.12 พารามิเตอร์และลักษณะการติดตั้ง half-delta wing; (ก) ด้านข้าง, (ข) ด้านบน, (ค) วอร์เทกซ์เจเนอเรเตอร์แบบ half-delta wing



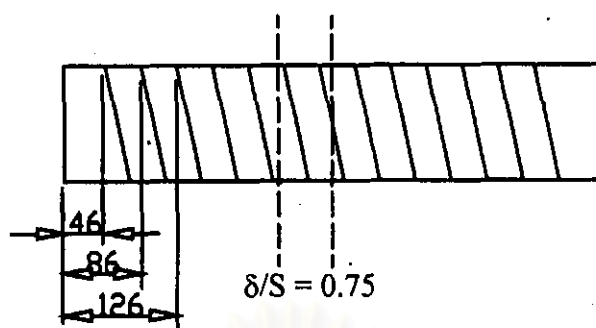
รูปที่ 3.13 การติดตั้ง half-delta wing (มองจากด้านบน) ที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของวอร์เทกซ์แบบ: (ก) หมุนตามกัน, (ข) หมุนสวนทางกัน (มองจากด้านหลัง)



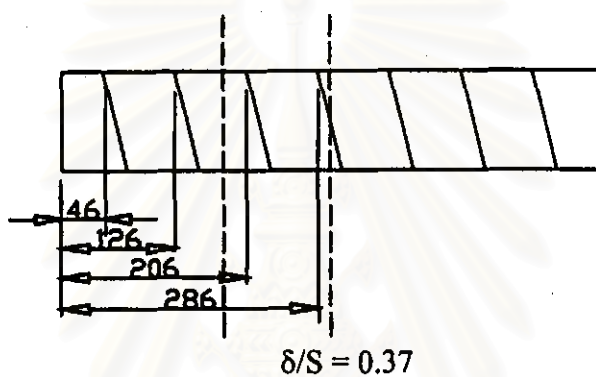
รูปที่ 3.14 ภาพถ่ายเครื่องมือวัด



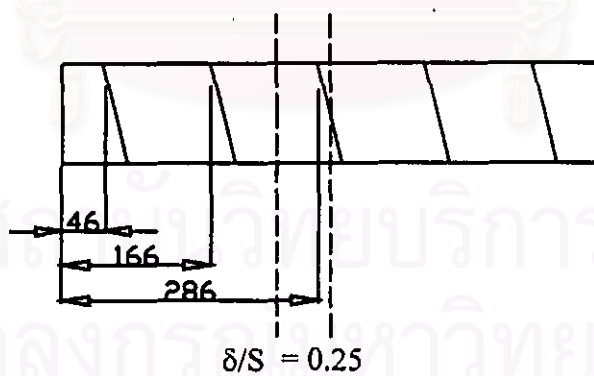
รูปที่ 3.15 ตำแหน่งการวัดความดันสถิต: (ก) ตำแหน่งที่ 1, (ข) ตำแหน่งที่ 2



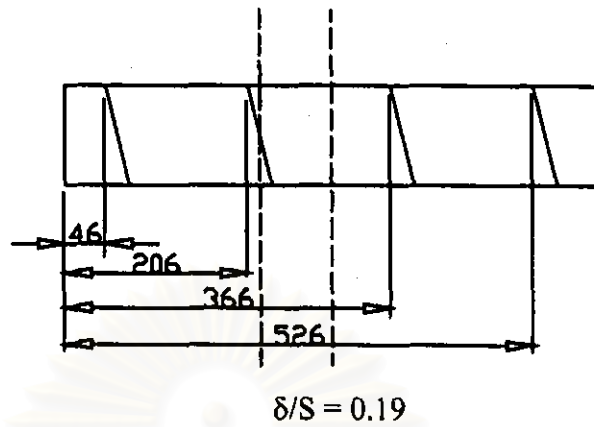
(n)



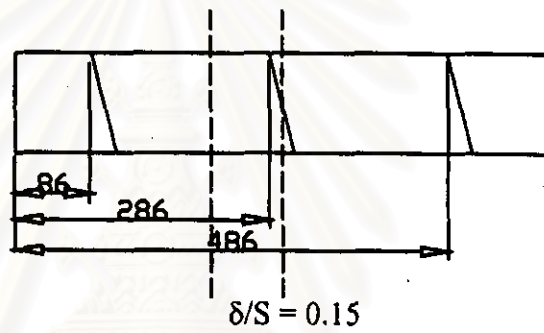
(ข)



(ค)

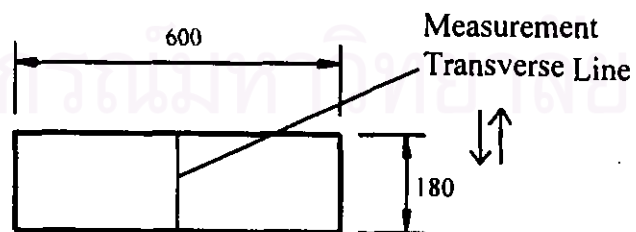


(ง)

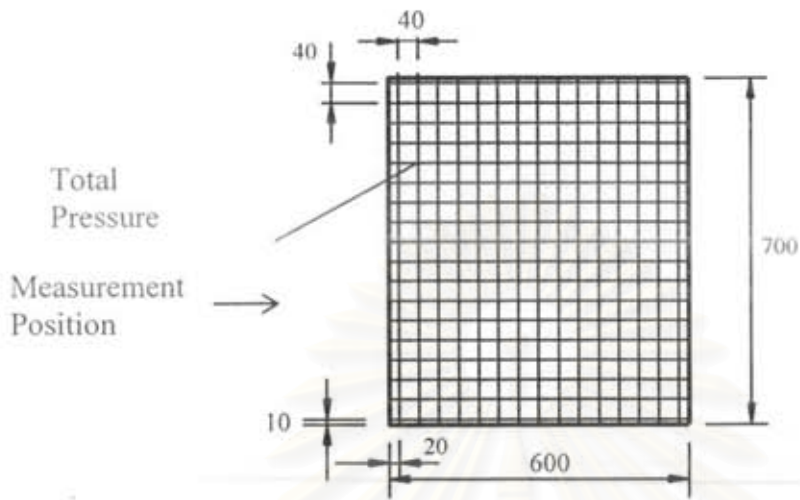


(จ)

รูปที่ 3.16 แสดงตำแหน่งการวัดความดันสถิตบนผนังเอียงของดีฟฟิวเซอร์และตำแหน่งของ half-delta wing ในแต่ละกรณี.

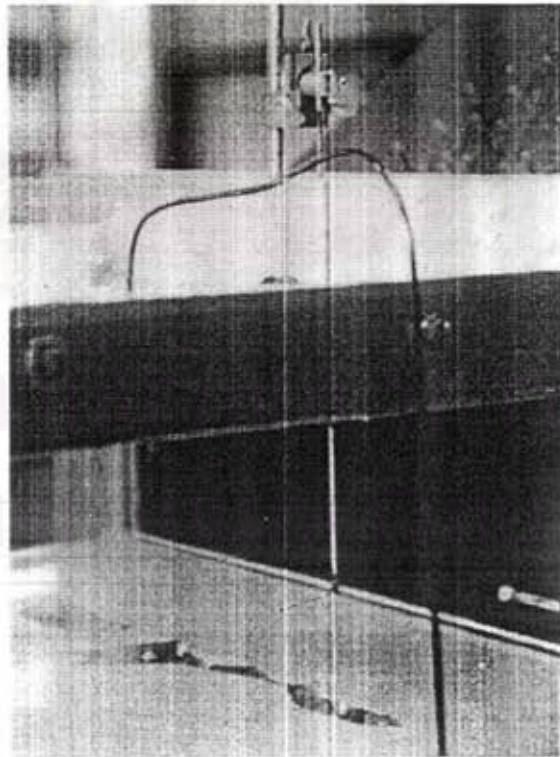


(น)

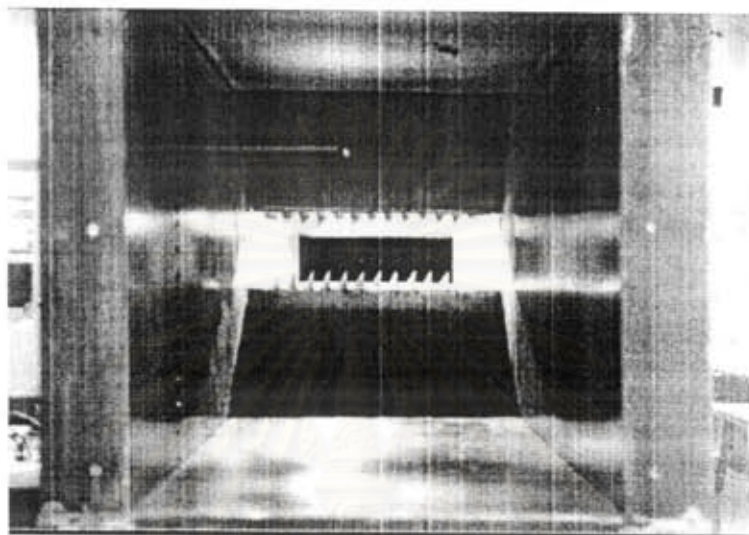


(ข)

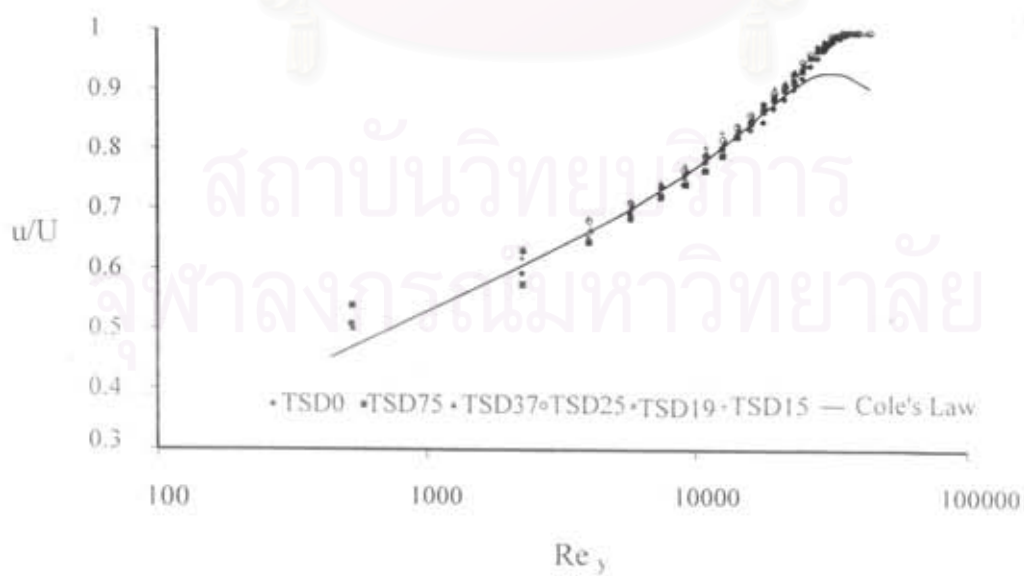
รูปที่ 3.17 ตำแหน่งการวัดความดันรวม: (ก) ตำแหน่งที่ 1, (ข) ตำแหน่งที่ 2



รูปที่ 3.18 การวัดความดันรวมที่ตำแหน่งที่ 1

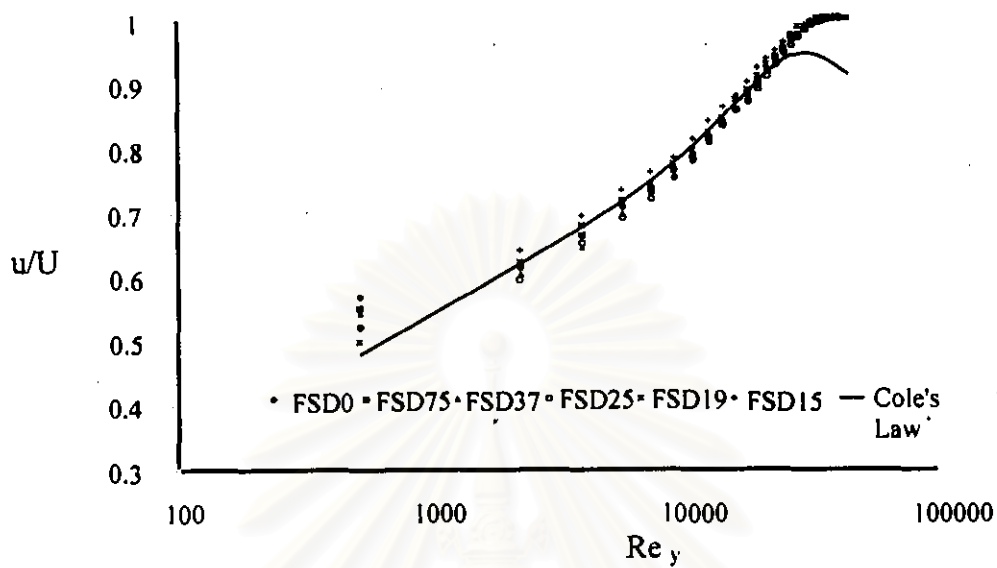


รูปที่ 3.19 การวัดความดันรวมที่ตำแหน่งที่ 2 โดยยื่น probe เข้าจากทางซ้ายมือของ tailpipe

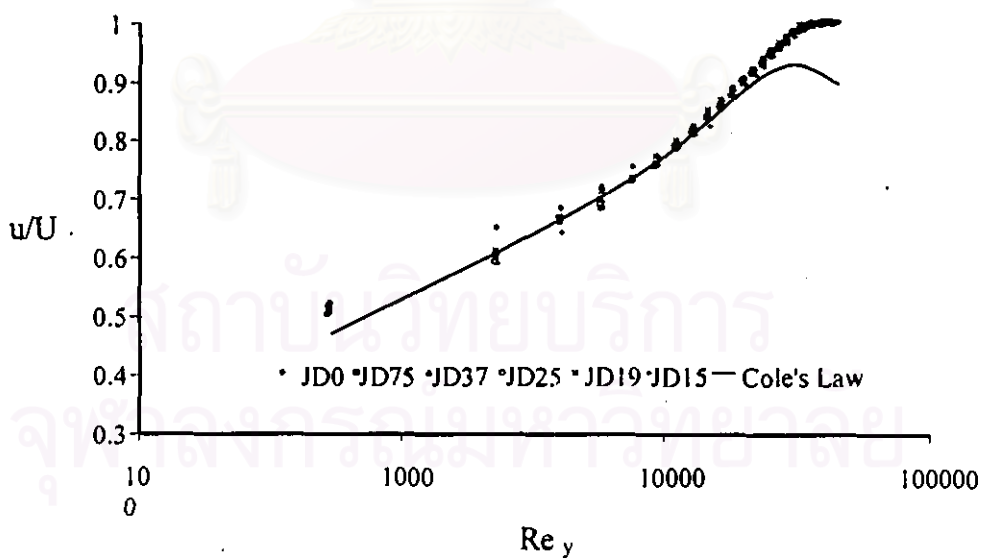


(ก)



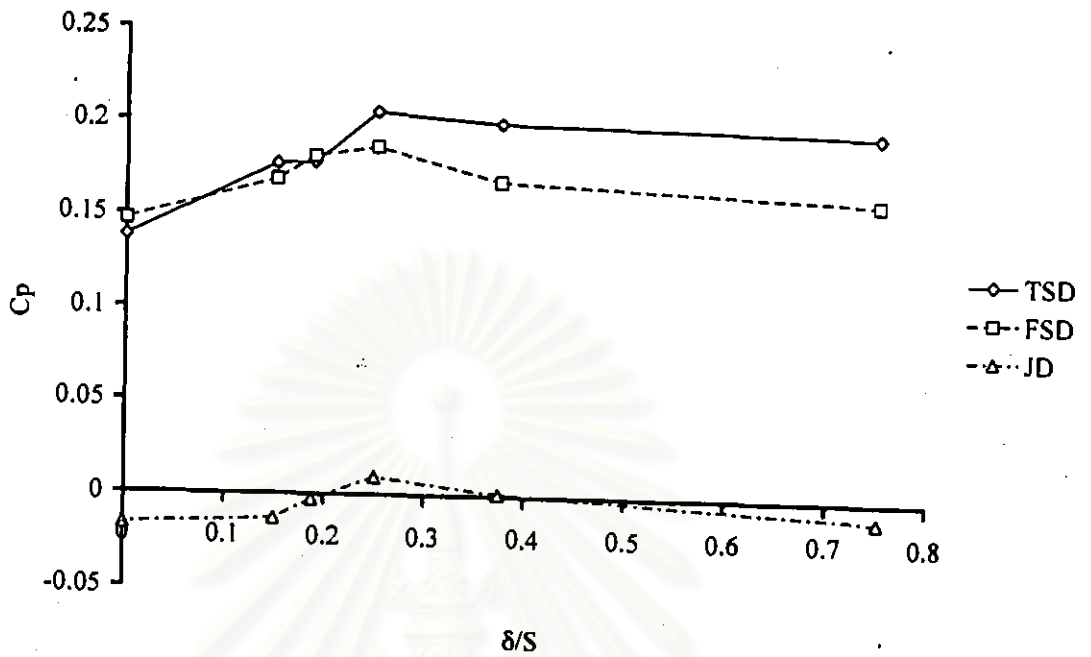


(ข)

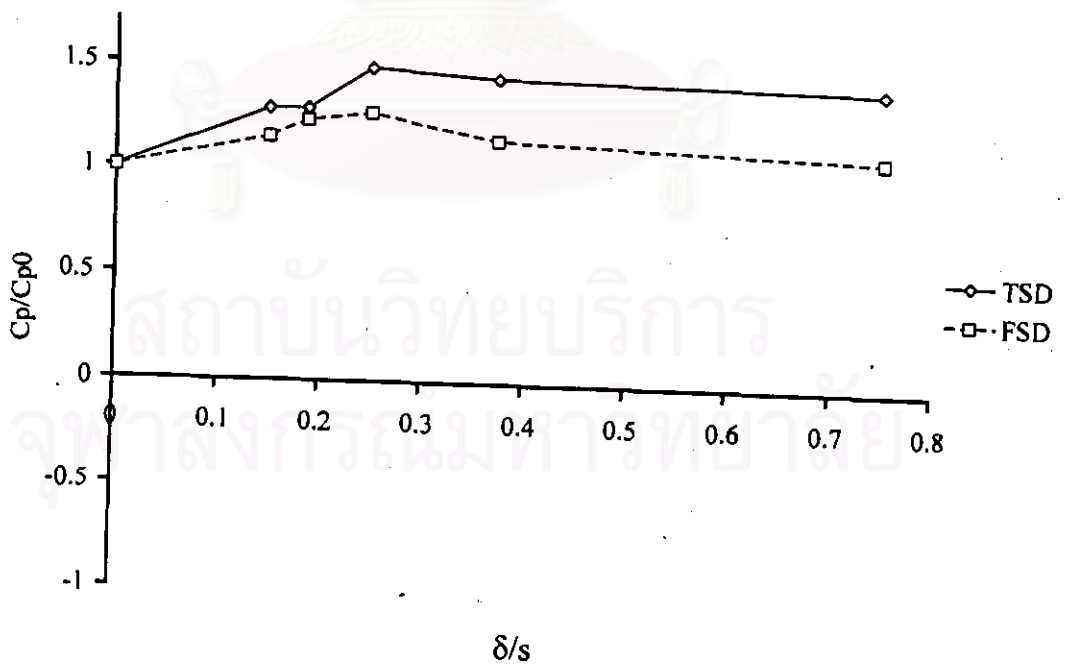


(ค)

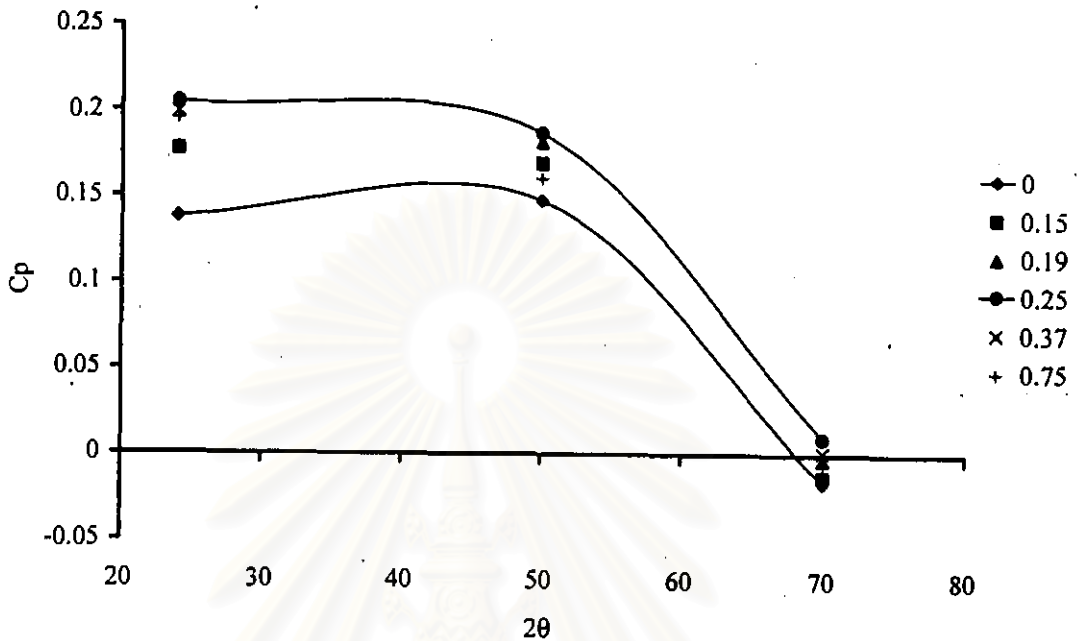
รูปที่ 3.20 ผลการวัดความเร็วในชั้นขอบเขตบนผนังด้านบน  
เทียบกับ Cole's law; (ก) TSD, (ข) FSD, (ค) JD



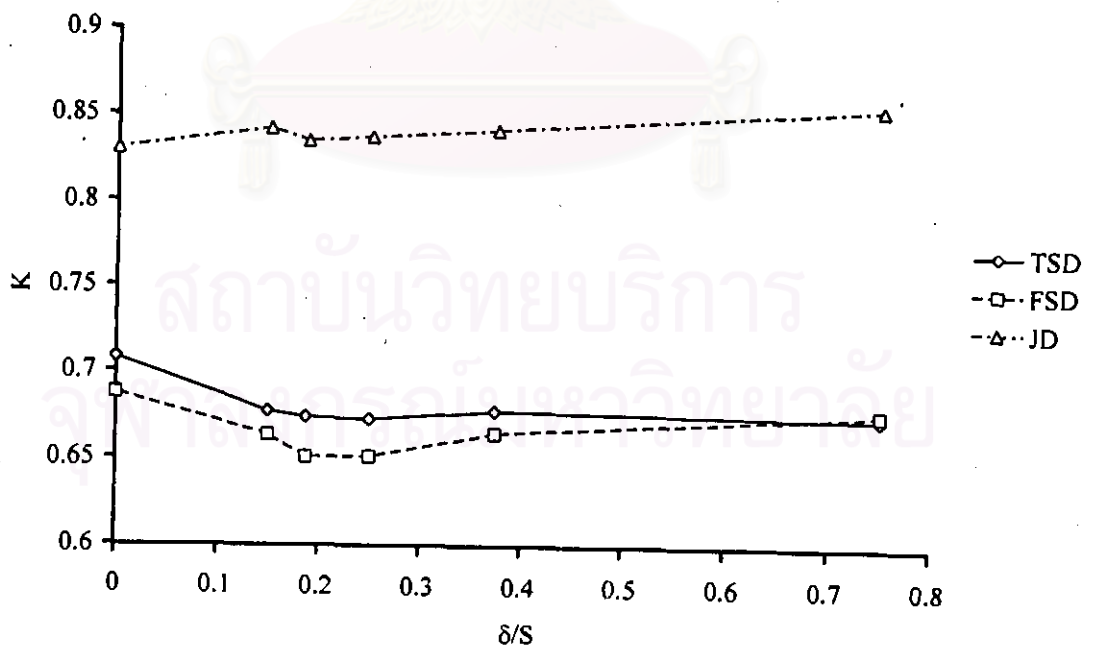
รูปที่ 4.1 กราฟเปรียบเทียบค่า  $C_p$  สำหรับการติดตั้ง VG ที่มีระยะ  $\delta/S$  ต่างๆ ในดีฟิวเซอร์แต่ละแบบ



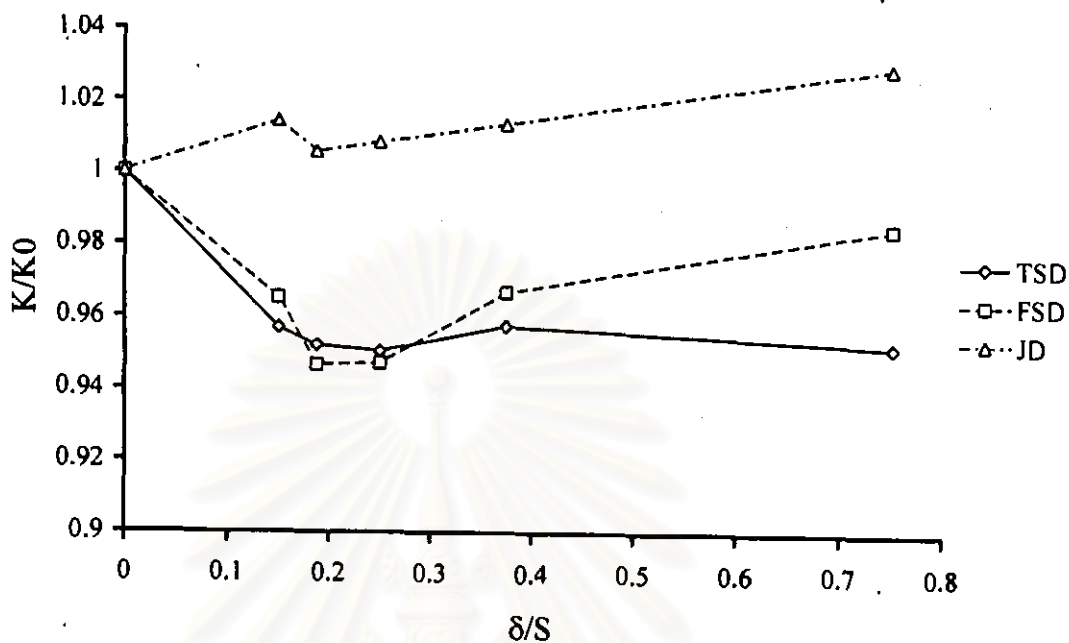
รูปที่ 4.2 กราฟเปรียบเทียบความสามารถของ VG ที่มีระยะ  $\delta/S$  ต่างๆ ในการเพิ่มค่า  $C_p$  ให้กับดีฟิวเซอร์



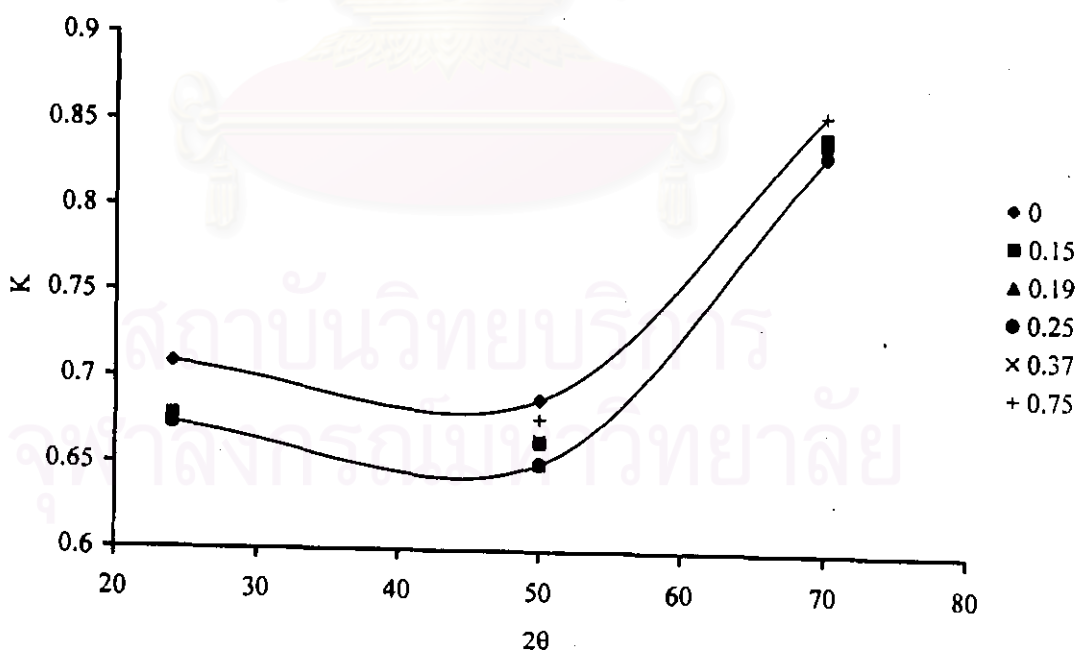
รูปที่ 4.3 การเปรียบเทียบค่า  $C_p$  ของดีฟิวเซอร์แต่ละแบบที่ติดตั้ง VG ที่มี  $\delta/S$  ต่างๆกัน



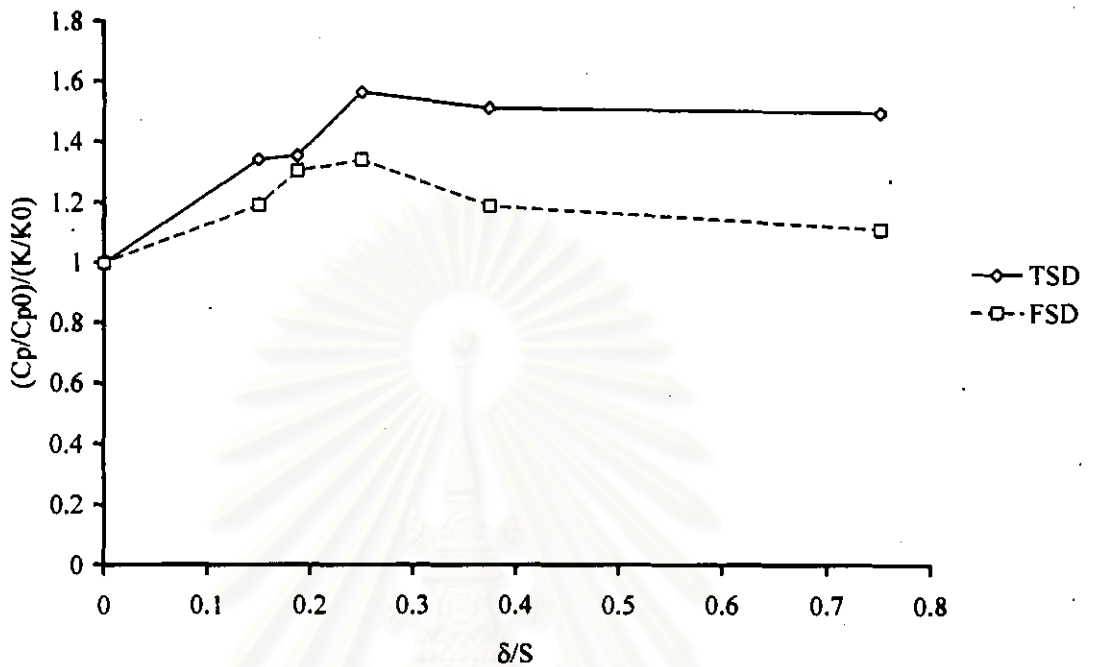
รูปที่ 4.4 กราฟเปรียบเทียบค่า  $K$  สำหรับการติดตั้ง VG ที่มีระยะ  $\delta/S$  ต่างๆ ในดีฟิวเซอร์แต่ละแบบ



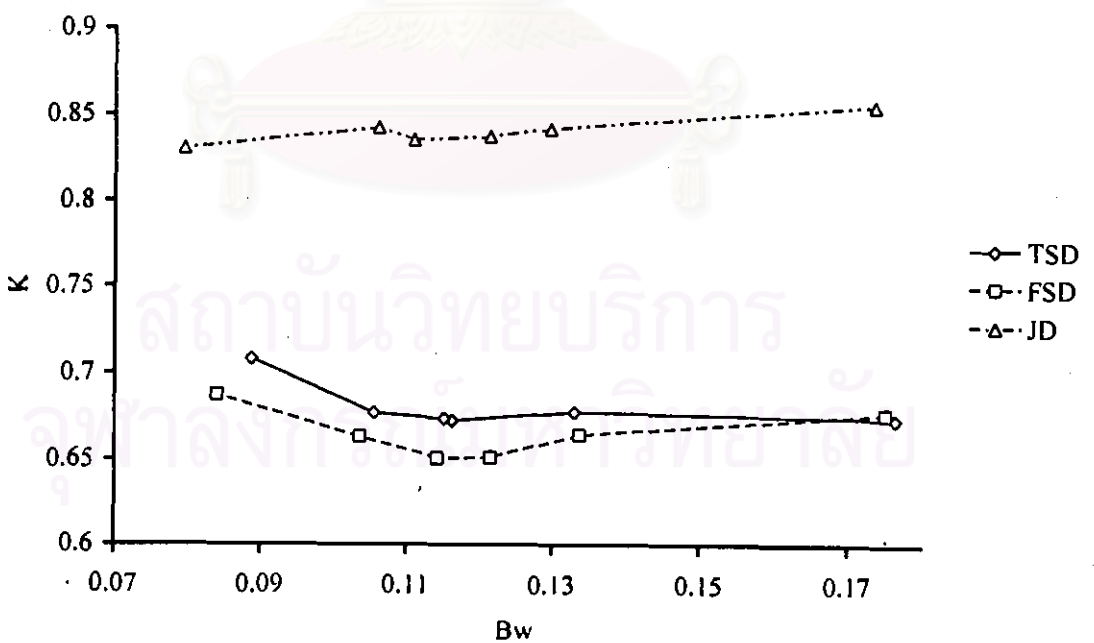
รูปที่ 4.5 กราฟเปรียบเทียบความสามารถของ VG ที่มีระยะ  $\delta/S$  ต่างๆในการเพิ่มค่า  $K$  ให้กับดีฟิวเซอร์



รูปที่ 4.6 การเปรียบเทียบค่า  $K$  ของดีฟิวเซอร์แต่ละแบบที่ติดตั้ง VG ที่มี  $\delta/S$  ต่างๆกัน

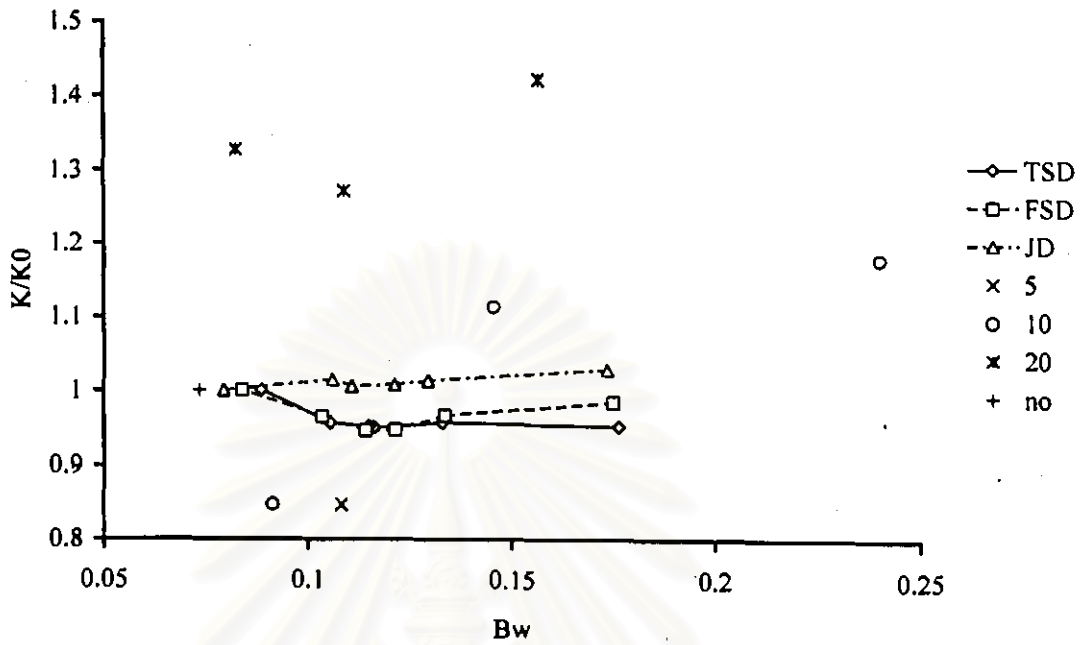


รูปที่ 4.7 กราฟเปรียบเทียบค่า  $(C_p/C_{p0})/(K/K_0)$  สำหรับการติด VG ที่มี

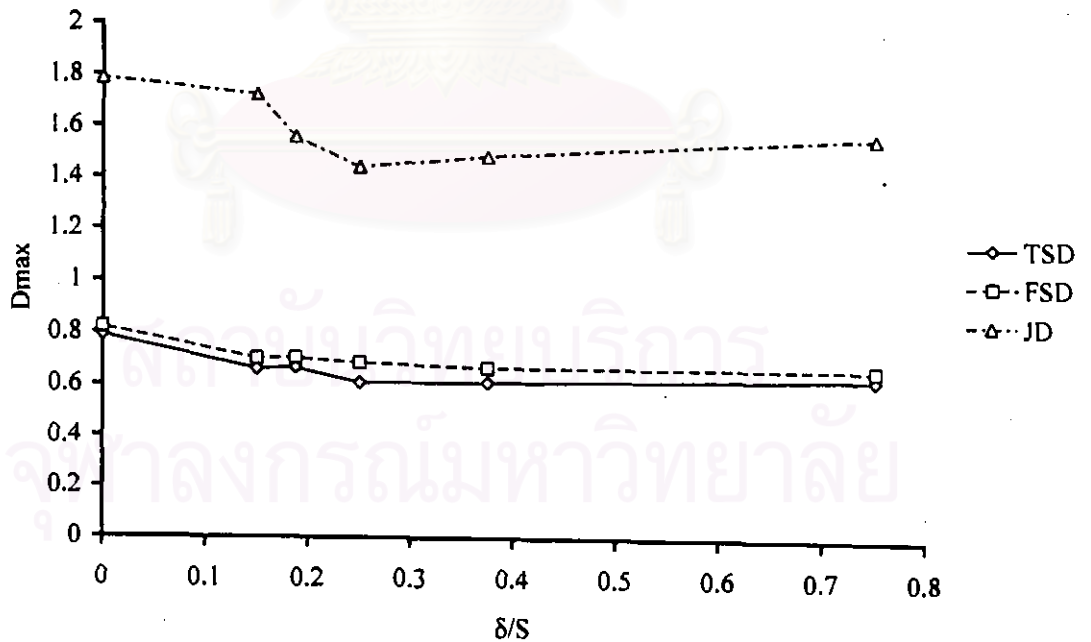


$\delta/S$  ต่างๆในดีฟิวเซอร์แต่ละแบบ

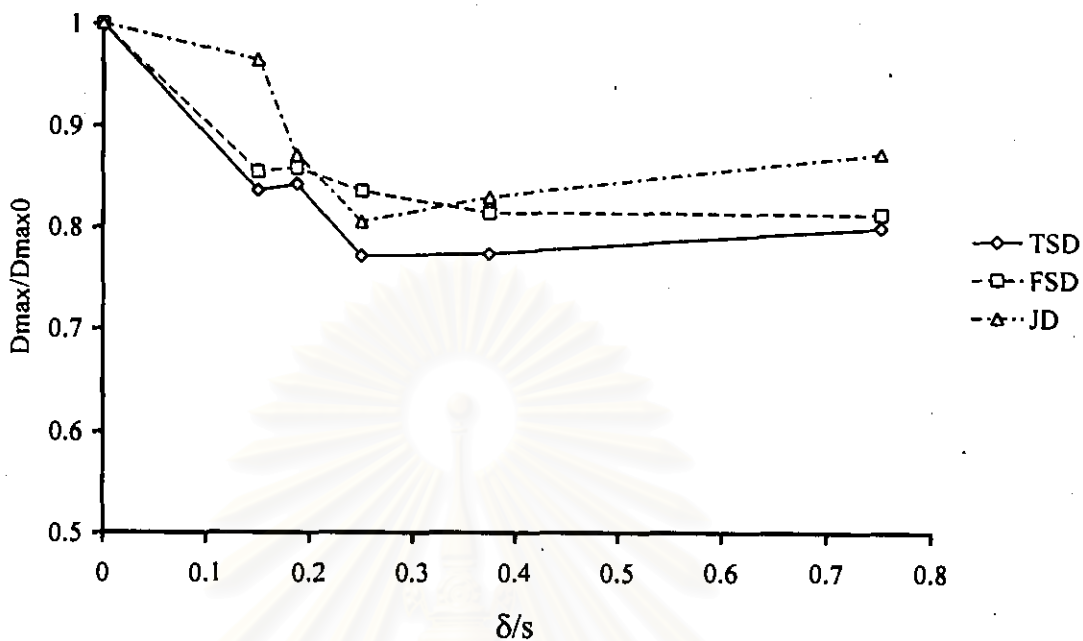
รูปที่ 4.8 กราฟระหว่าง  $K$  กับ  $B_w$  ในดีฟิวเซอร์แต่ละแบบ



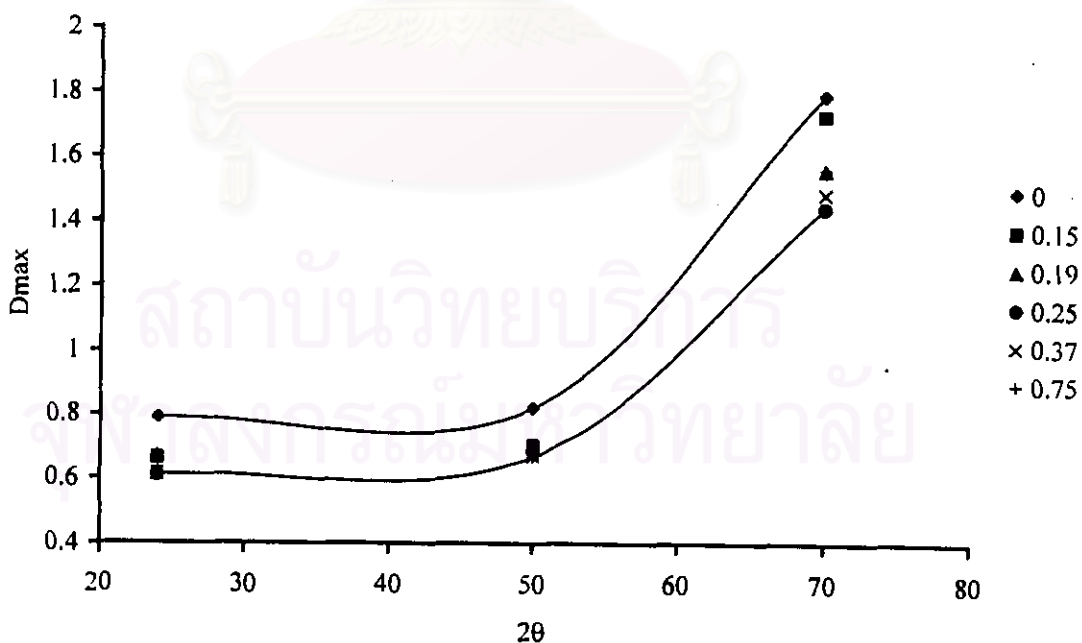
รูปที่ 4.9 กราฟระหว่าง  $K/K_0$  กับ  $B_w$  ของการใช้ half-delta wing ในดิฟฟิวเซอร์แต่ละแบบ เทียบกับการศึกษาเบื้องต้นที่ใช้ delta wing



รูปที่ 4.10 กราฟเปรียบเทียบค่า  $D_{max}$  สำหรับการติดตั้ง VG ที่มีระยะ  $\delta/S$  ต่างๆในดิฟฟิวเซอร์แต่ละแบบ

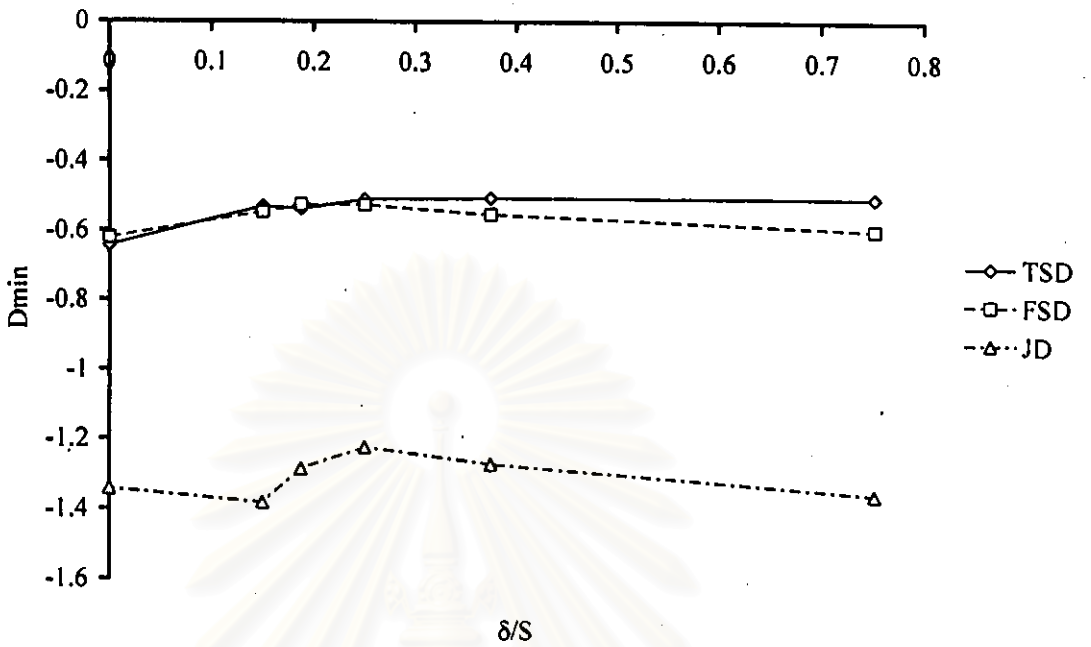


รูปที่ 4.11 กราฟเปรียบเทียบความสามารถของ VG ที่มีระยะ  $\delta/S$  ต่างๆในการเพิ่มค่า  $D_{max}$  ให้กับดิฟฟิวเซอร์

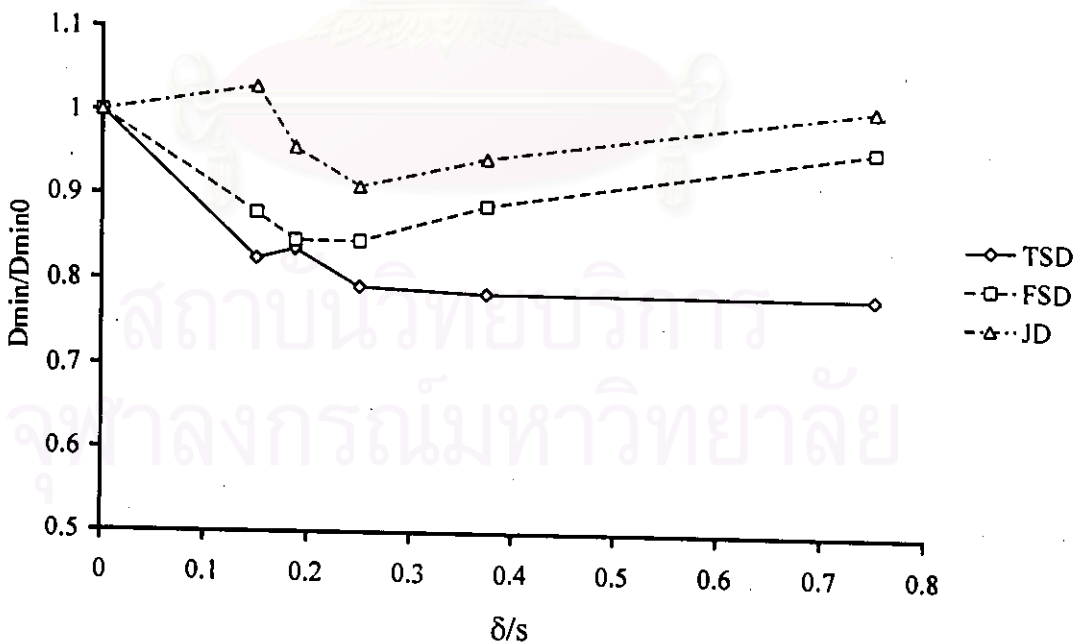


รูปที่ 4.12 การเปรียบเทียบค่า  $D_{max}$  ของดิฟฟิวเซอร์แต่ละแบบที่ติดตั้ง VG ที่มี  $\delta/S$  ต่างๆกัน

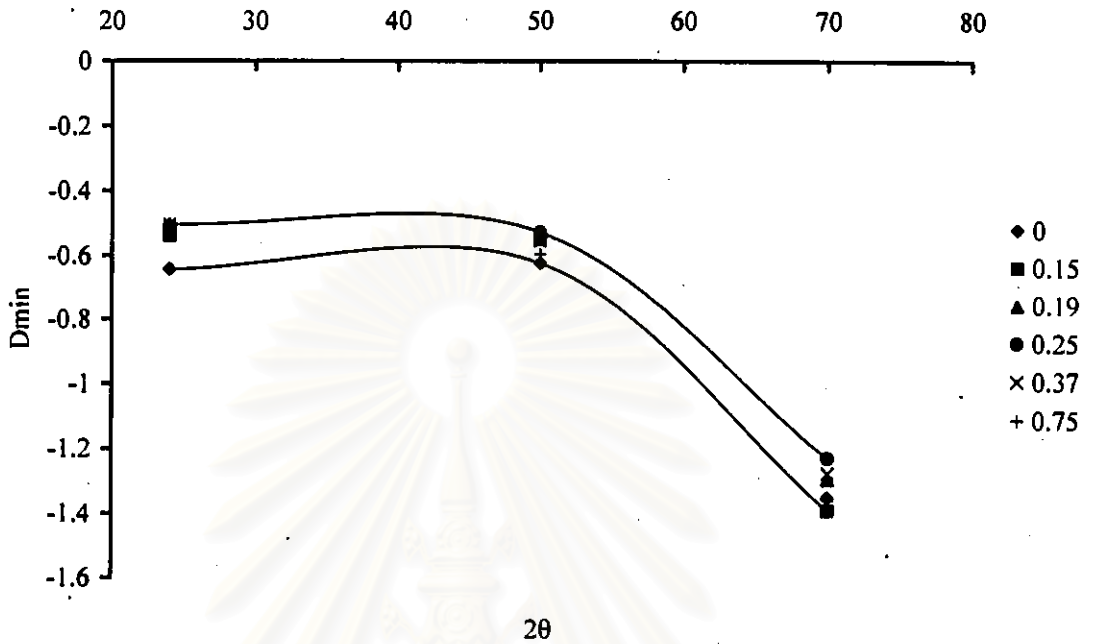




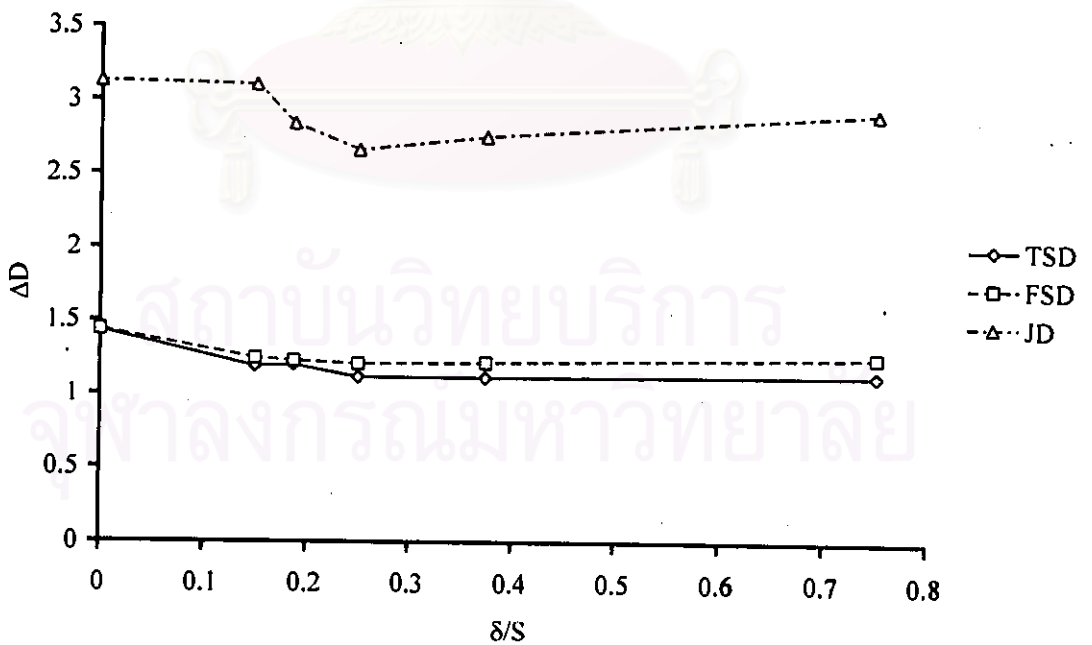
รูปที่ 4.13 กราฟเปรียบเทียบค่า  $D_{min}$  สำหรับการติดตั้ง VG ที่มีระยะ  $\delta/S$  ต่างๆในดัดฟิวเซอร์แต่ละแบบ



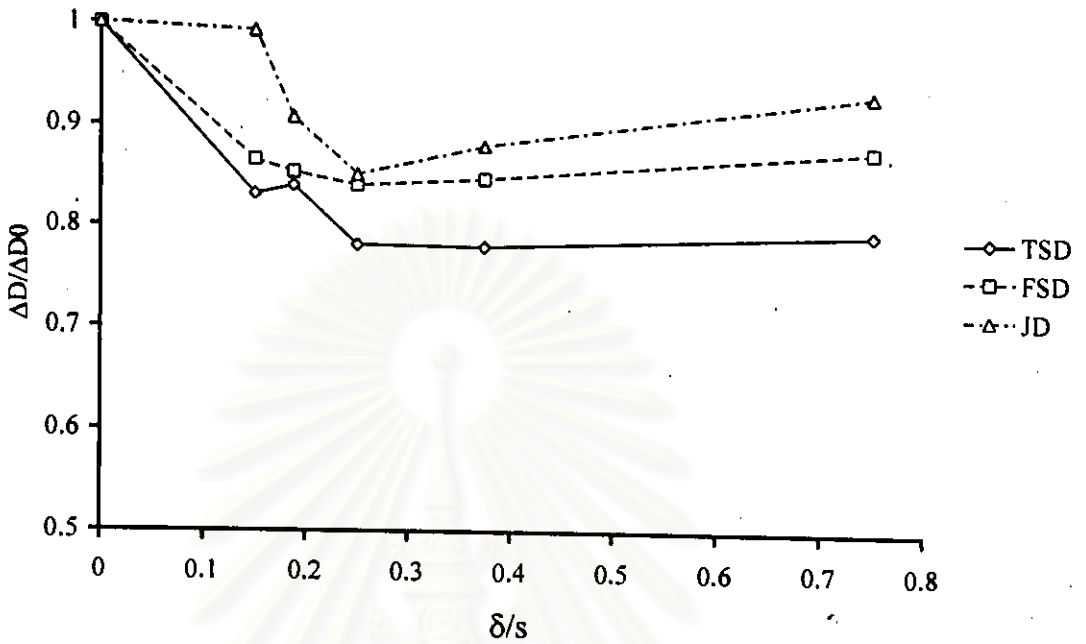
รูปที่ 4.14 กราฟเปรียบเทียบความสามารถของ VG ที่มีระยะ  $\delta/S$  ต่างๆในการเพิ่มค่า  $D_{min}$  ให้กับดัดฟิวเซอร์



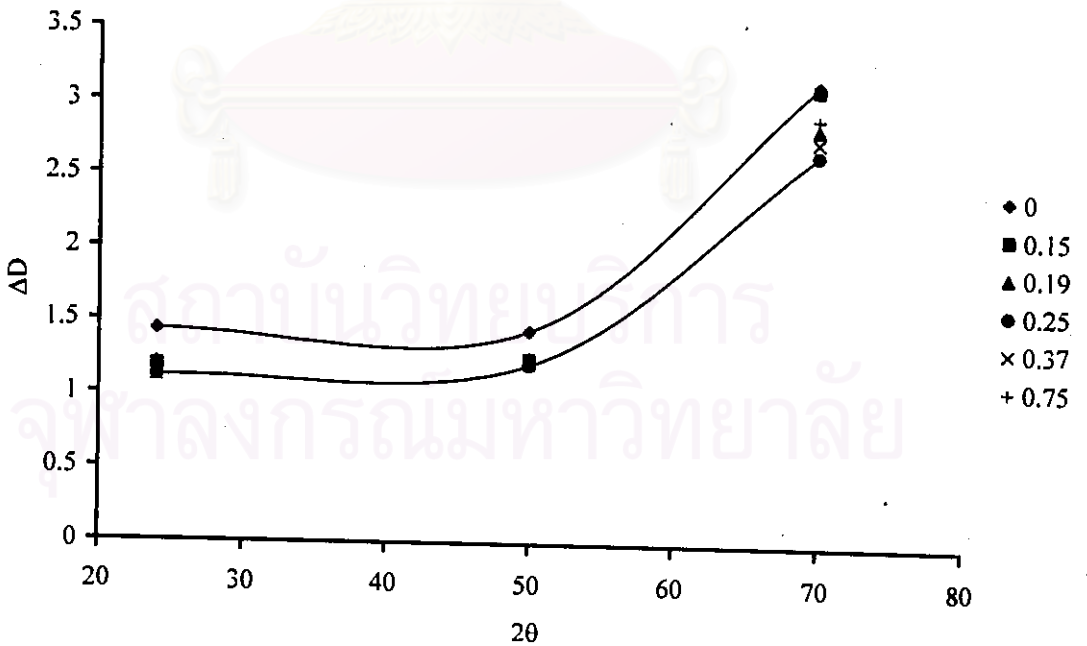
รูปที่ 4.15 กราฟเปรียบเทียบค่า  $D_{max}$  ของดิฟฟิวเซอร์ที่มีมุมรวมต่างๆแบบธรรมดา และแบบติดตั้ง VG ที่มีระยะ  $\delta/S$  ต่างๆ



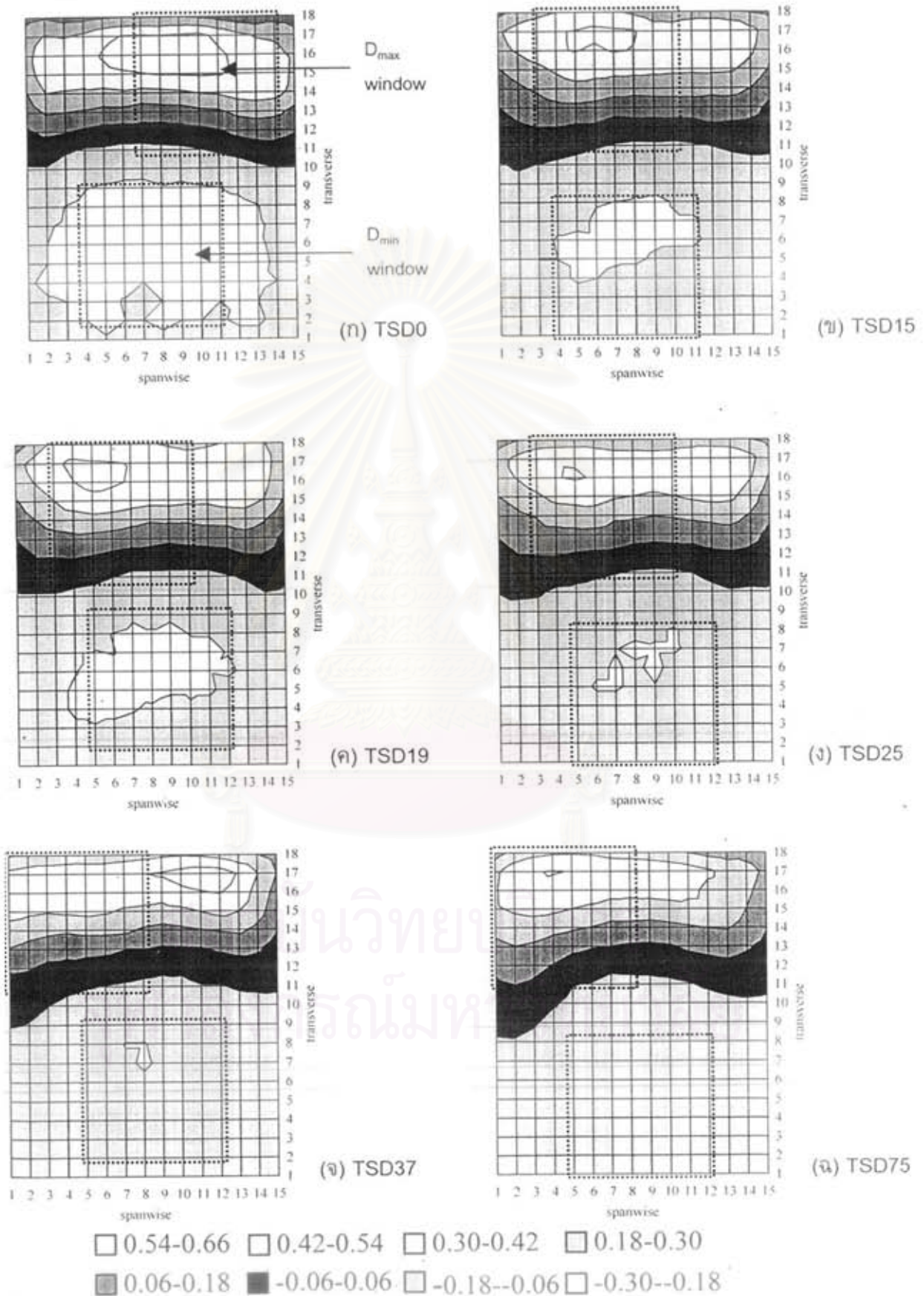
รูปที่ 4.16 กราฟเปรียบเทียบค่า  $AD$  ของการใช้ VG ที่มี  $\delta/S$  ต่างๆใน ดิฟฟิวเซอร์แต่ละลักษณะการไหล



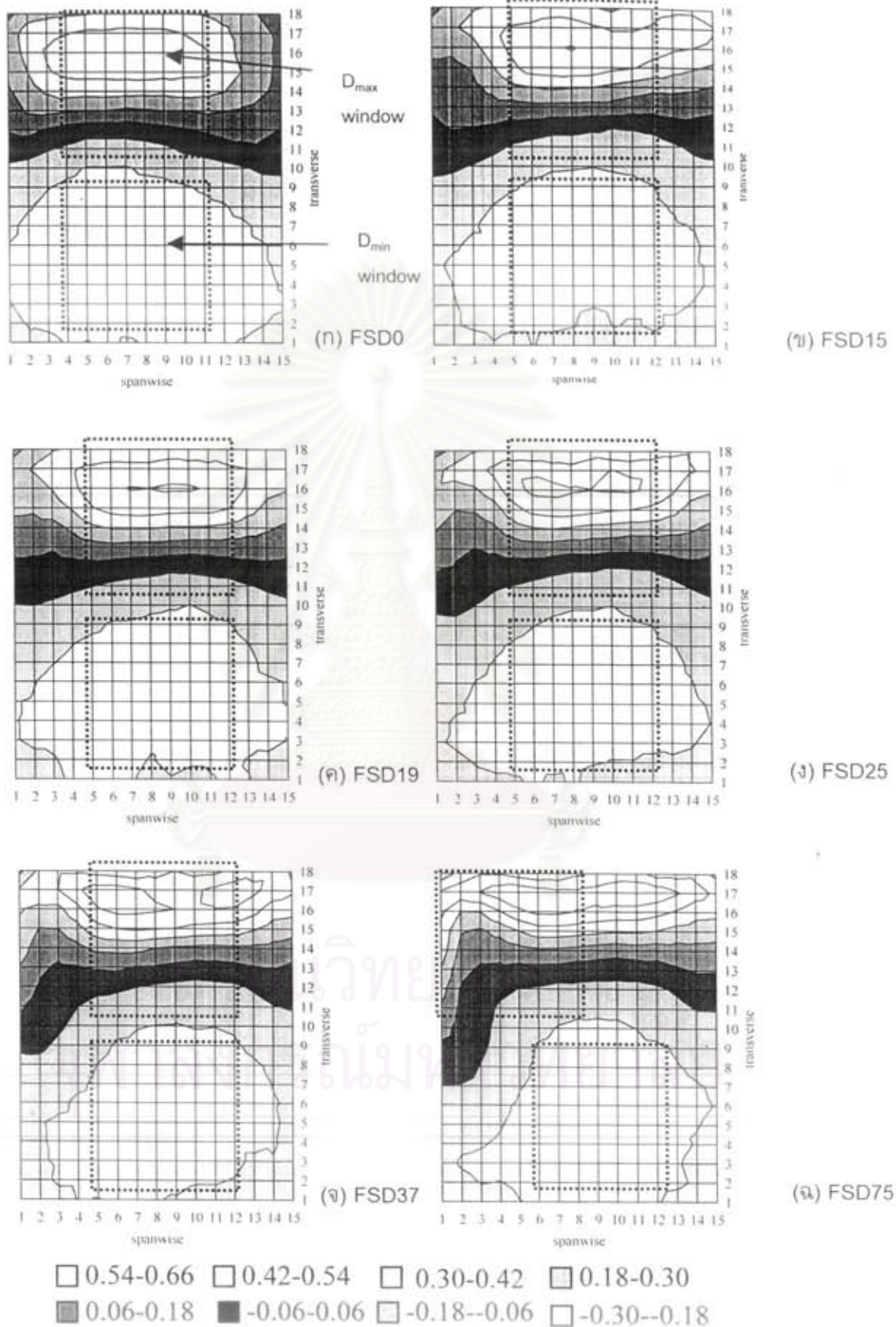
รูปที่ 4.17 กราฟเปรียบเทียบความสามารถของ VG ที่มีระยะ  $\delta/S$  ต่างๆ ในการลดค่า  $\Delta D$  ให้กับดีฟิวเซอร์



รูปที่ 4.18 กราฟเปรียบเทียบค่า  $\Delta D$  ของดีฟิวเซอร์ที่มีมุมรวมต่างๆแบบธรรมดาและแบบติดตั้ง VG ที่มีระยะ  $\delta/S$  ต่างๆ

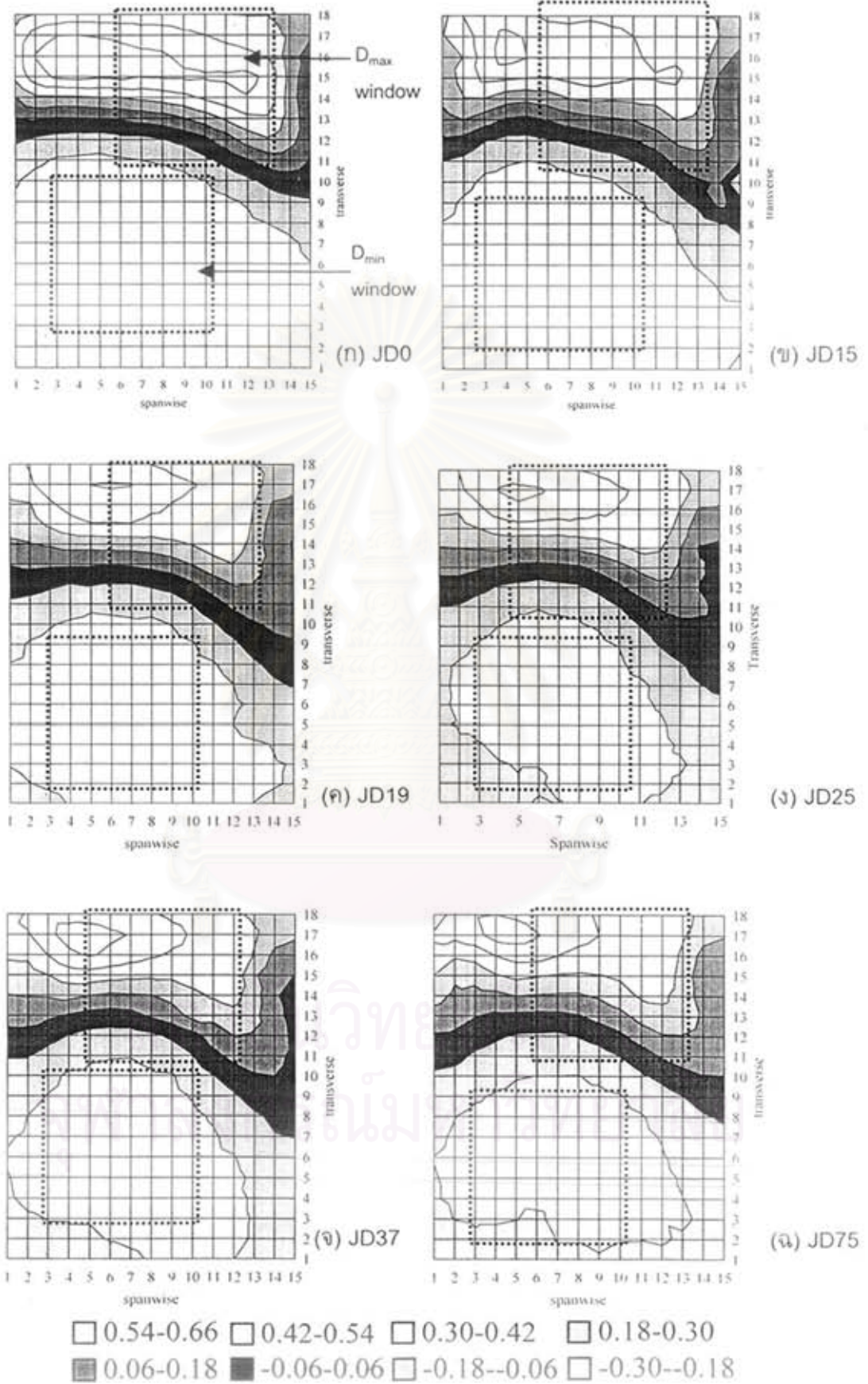


รูปที่ 4.19 การกระจายความดันรวมที่ทางออกของดีฟฟิวเซอร์แบบ Transitory stall

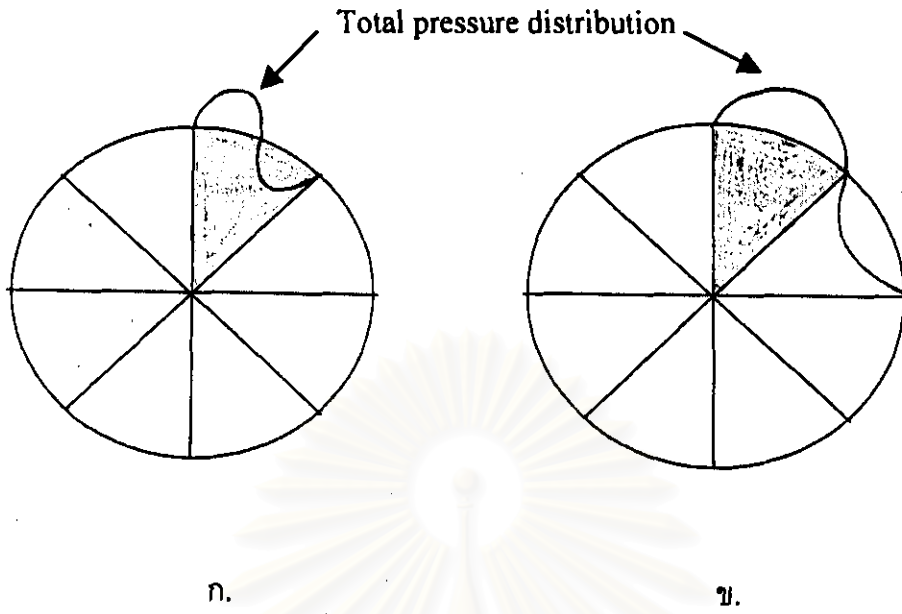


รูปที่ 4.20 การกระจายความดันรวมที่ทางออกของดีฟฟิวเซอร์แบบ Fully developed stall

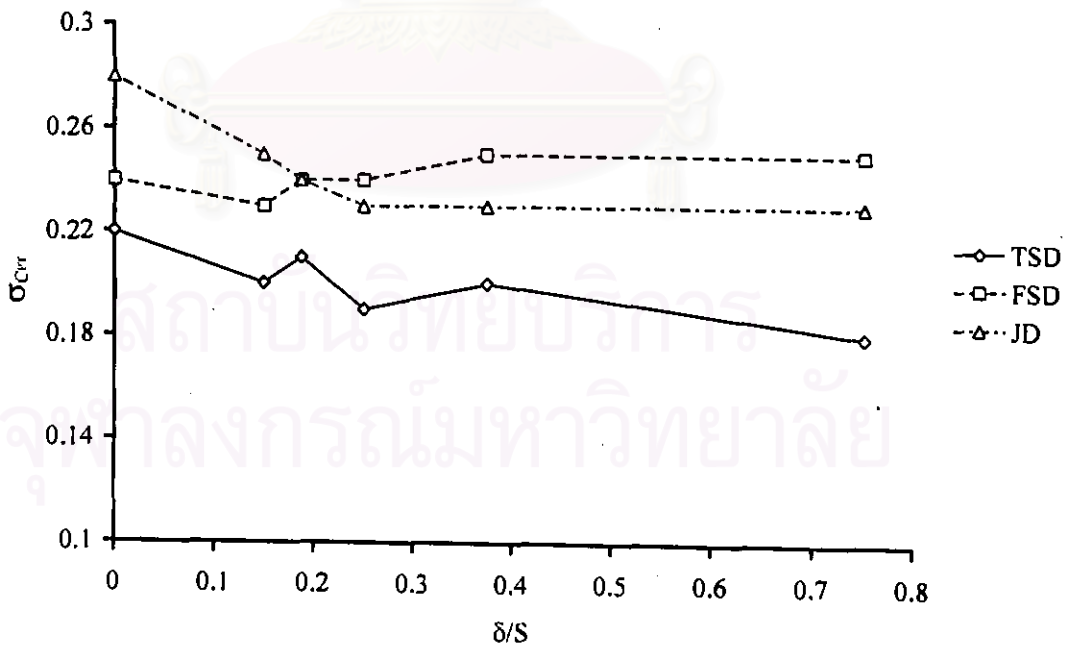




รูปที่ 4.21 การกระจายความดันรวมที่ทางออกของดีฟฟิวเซอร์แบบ Jet flow

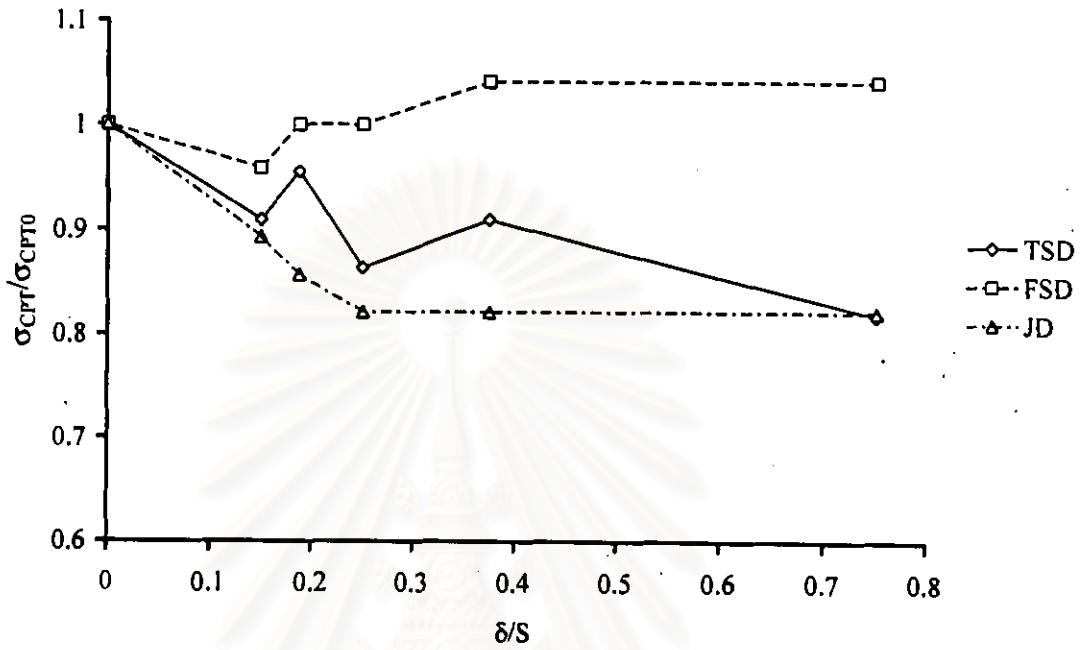


รูปที่ 4.22 ภาพแสดงแบบจำลองของใบพัดคอมเพรสเซอร์ที่มีความดันรวมมากกระทำ

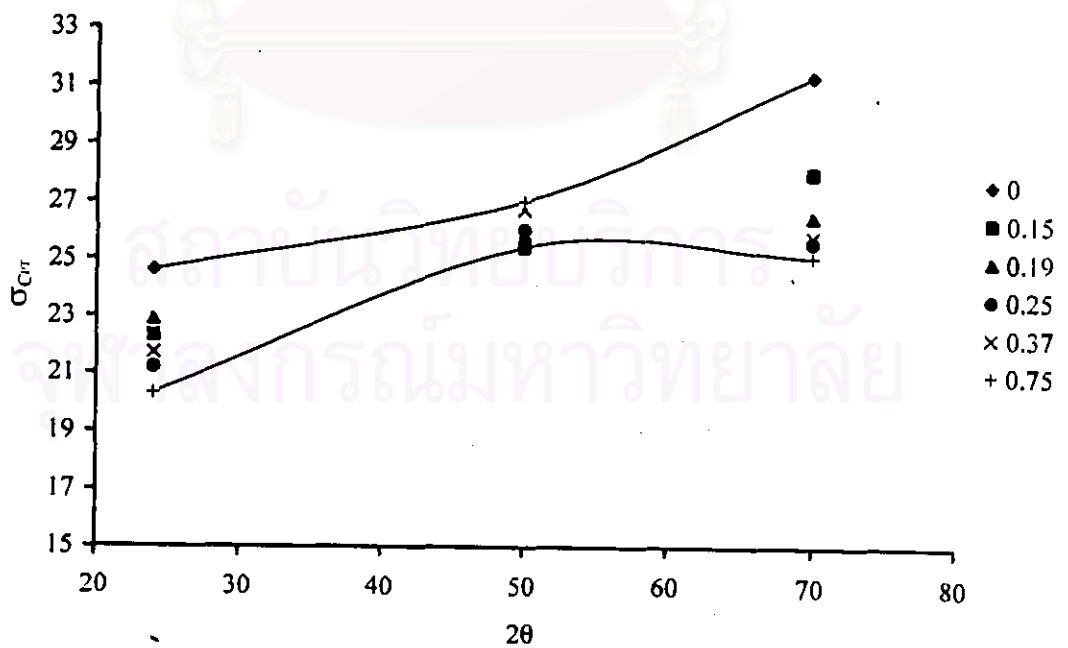


รูปที่ 4.23 กราฟเปรียบเทียบค่า  $\sigma_{cr}$  สำหรับการติดตั้ง VG ที่มีระยะ  $\delta/S$  ต่างๆใน ดิฟฟิวเซอร์แต่ละแบบ

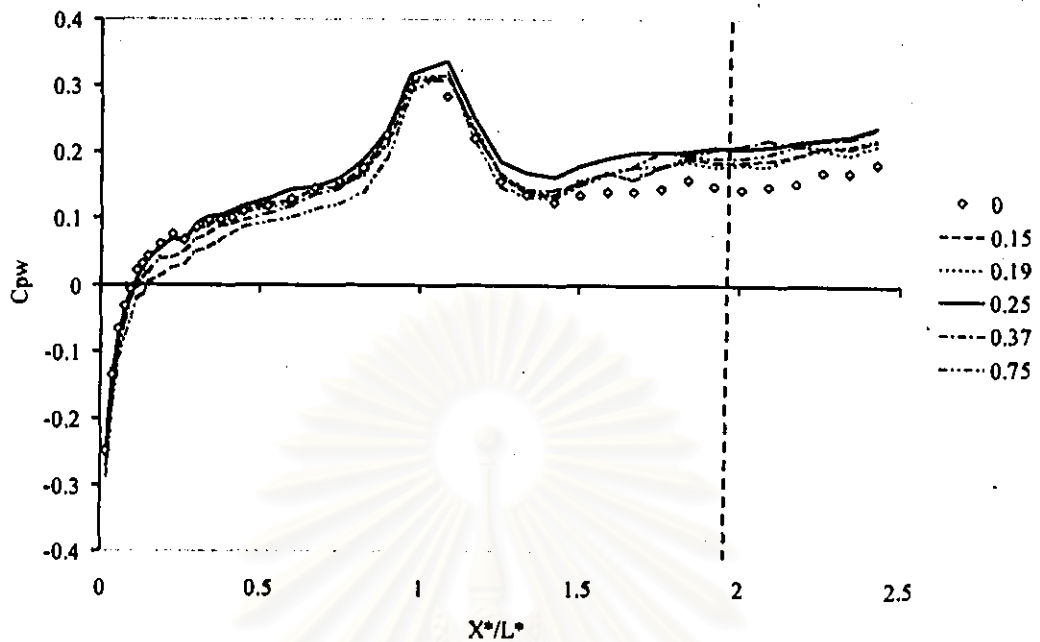




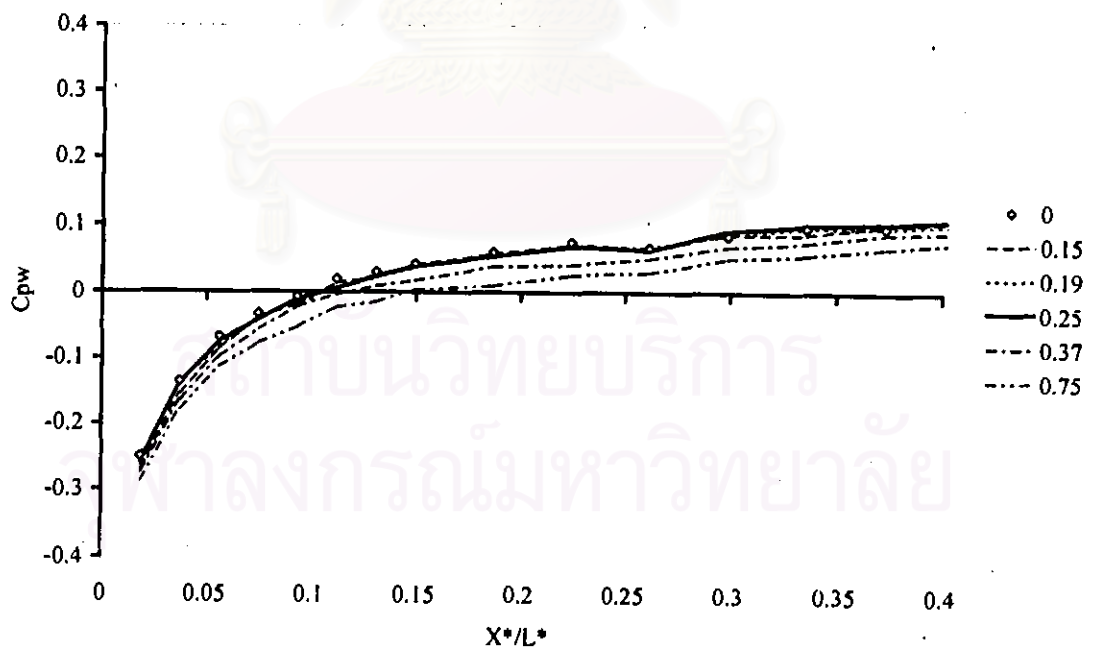
รูปที่ 4.24 กราฟเปรียบเทียบความสามารถของ VG ที่มีระยะ  $\delta/S$  ต่างๆในการเพิ่มค่า  $\sigma_{Cr}$  ให้กับดัดฟิวเซอร์



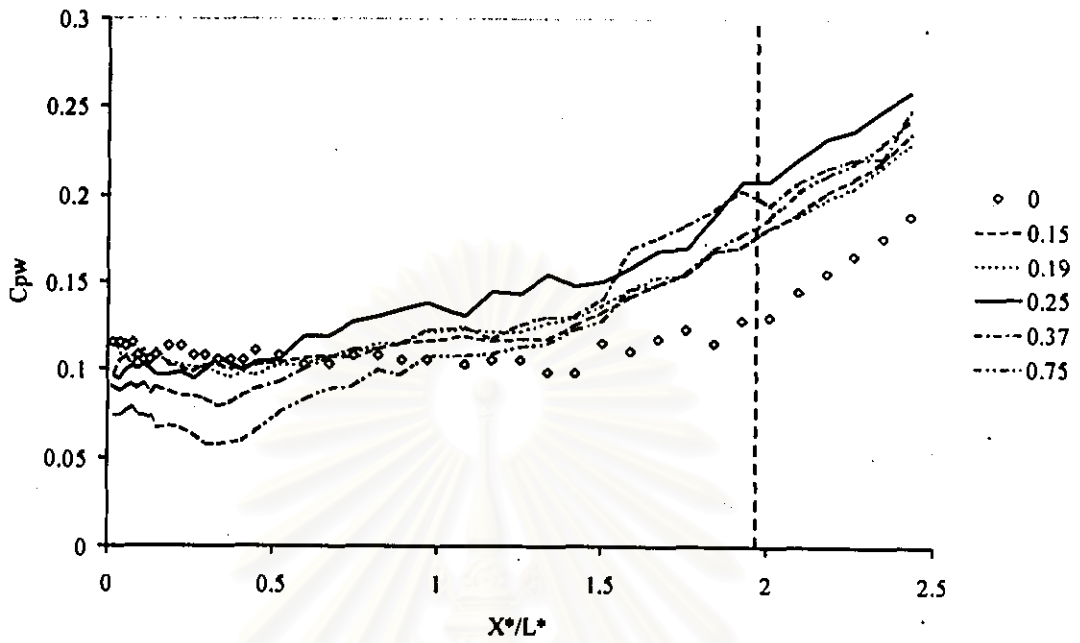
รูปที่ 4.25 การเปรียบเทียบค่า  $\sigma_{Cr}$  ของดัดฟิวเซอร์แต่ละแบบที่ติดตั้ง VG ที่มี  $\delta/S$  ต่างๆกัน



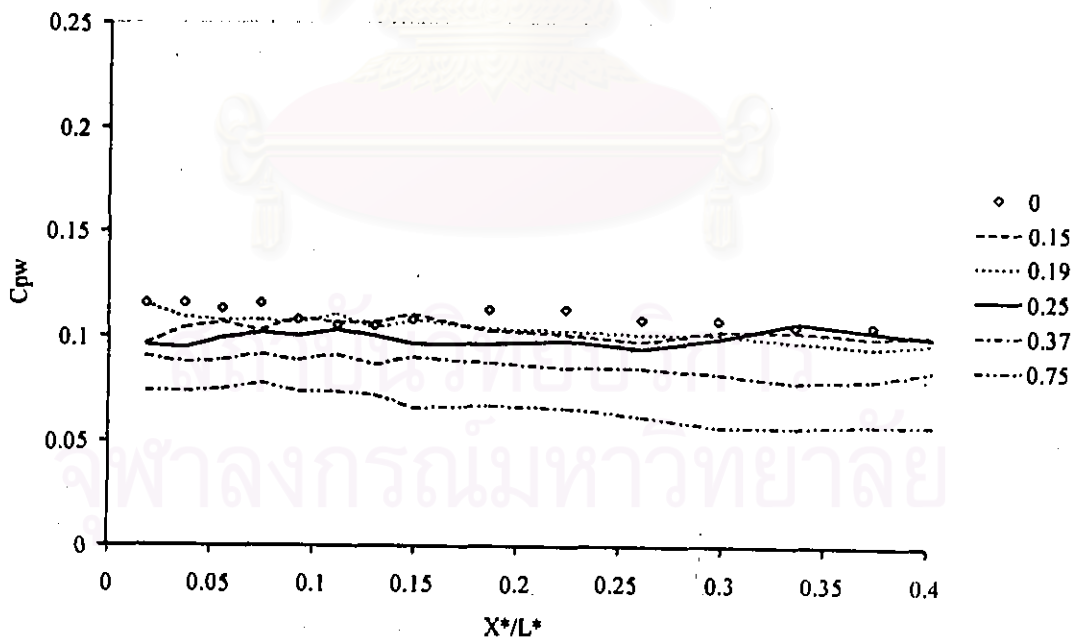
รูปที่ 4.26 กราฟแสดงค่าความดันสถิตเฉลี่ยบนผนังด้านที่ไม่เกิดการไหลแยกตัว  
ของดีฟิวเซอร์แบบ Transitory stall ที่มีค่า  $\delta/S$  ต่างๆ



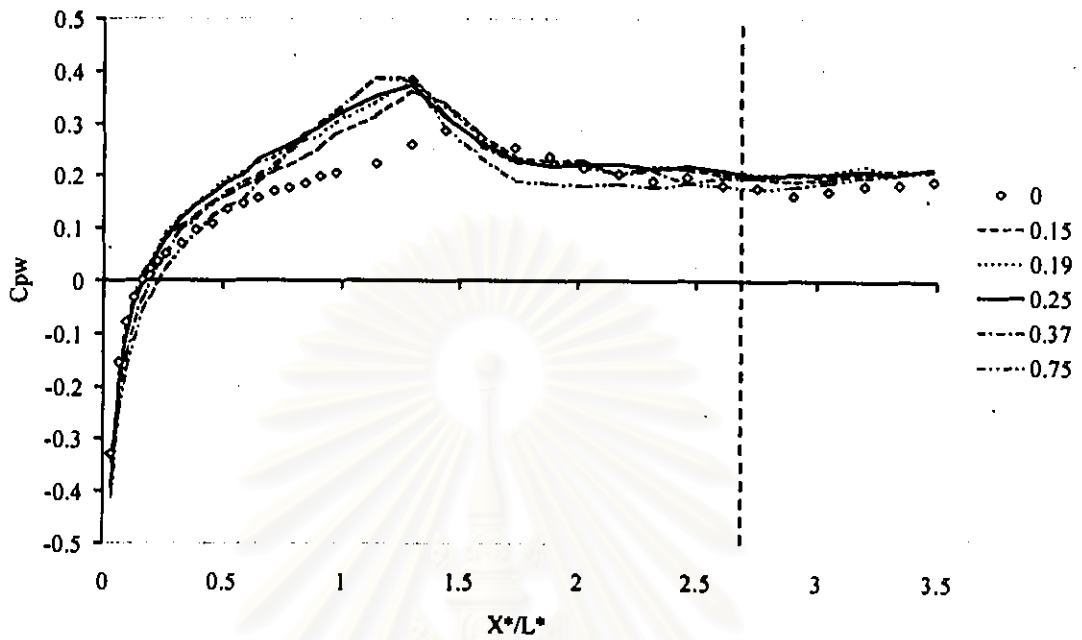
รูปที่ 4.27 กราฟแสดงค่าความดันสถิตเฉลี่ยบนผนังด้านที่ไม่เกิดการไหลแยกตัว  
ของดีฟิวเซอร์แบบ Transitory stall ที่มีค่า  $\delta/S$  ต่างๆ  
( $X^*/L^* \leq 0.4$ )



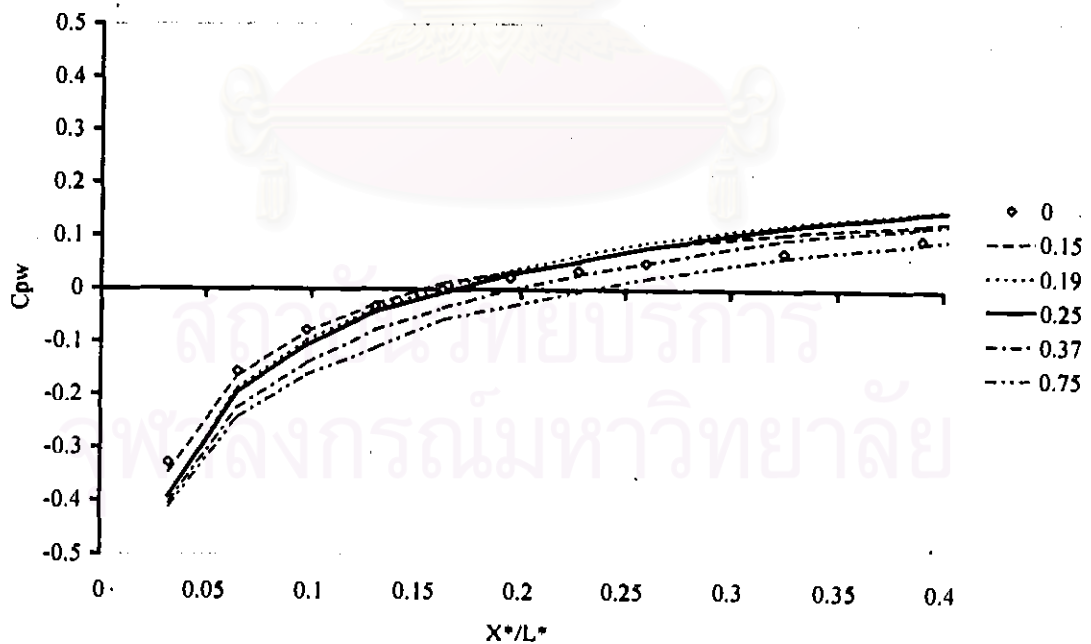
รูปที่ 4.28 กราฟแสดงค่าความดันสถิตเฉลี่ยบนผนังด้านที่เกิดการไหลแยกตัว  
ของดีฟฟิวเซอร์แบบ Transitory stall ที่มีค่า  $\delta/S$  ต่างๆ



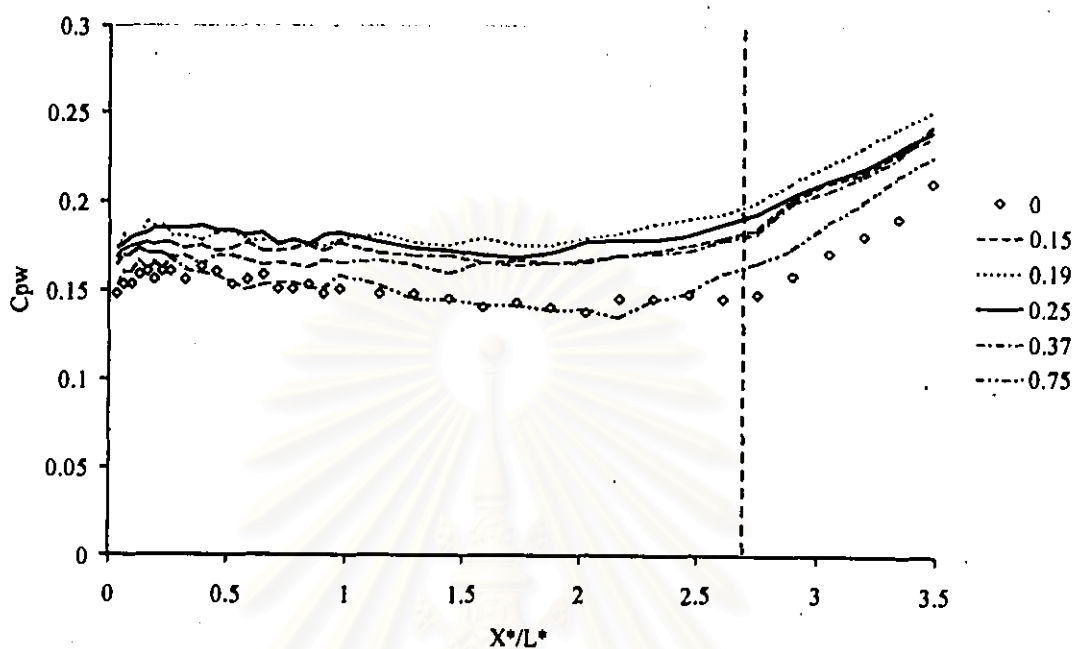
รูปที่ 4.29 กราฟแสดงค่าความดันสถิตเฉลี่ยบนผนังด้านที่เกิดการไหลแยกตัว  
ของดีฟฟิวเซอร์แบบ Transitory stall ที่มีค่า  $\delta/S$  ต่างๆ  
( $X^*/L^* \leq 0.4$ )



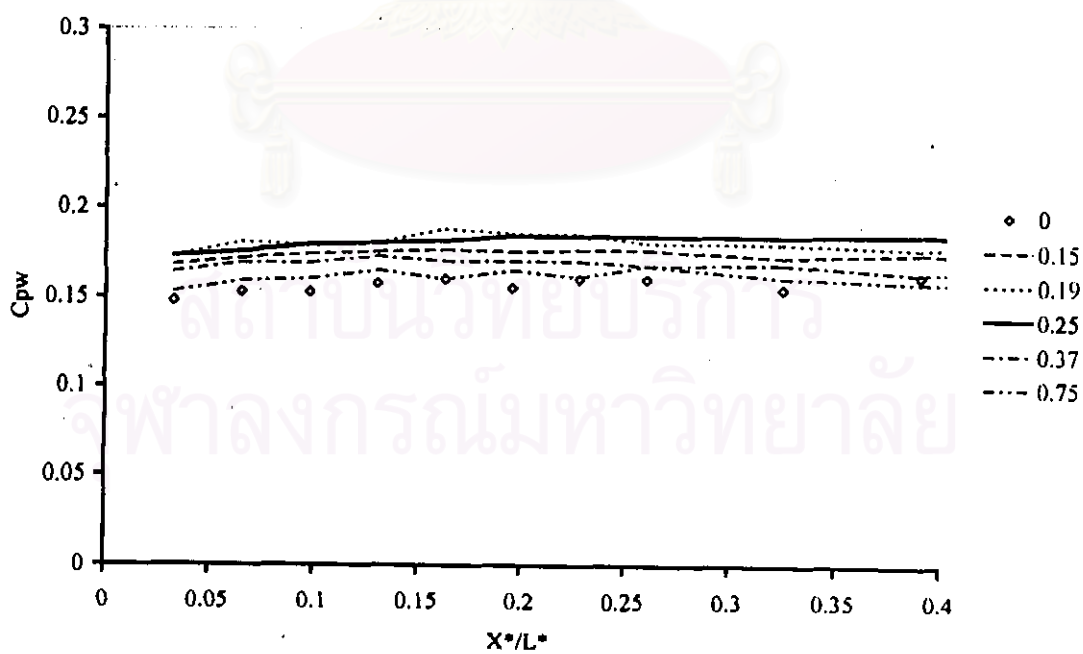
รูปที่ 4.30 กราฟแสดงค่าความดันสถิตเฉลี่ยบนผนังด้านที่ไม่เกิดการไหลแยกตัว  
ของดีฟิวเซอร์แบบ Fully developed stall ที่มีค่า  $\delta/S$  ต่างๆ



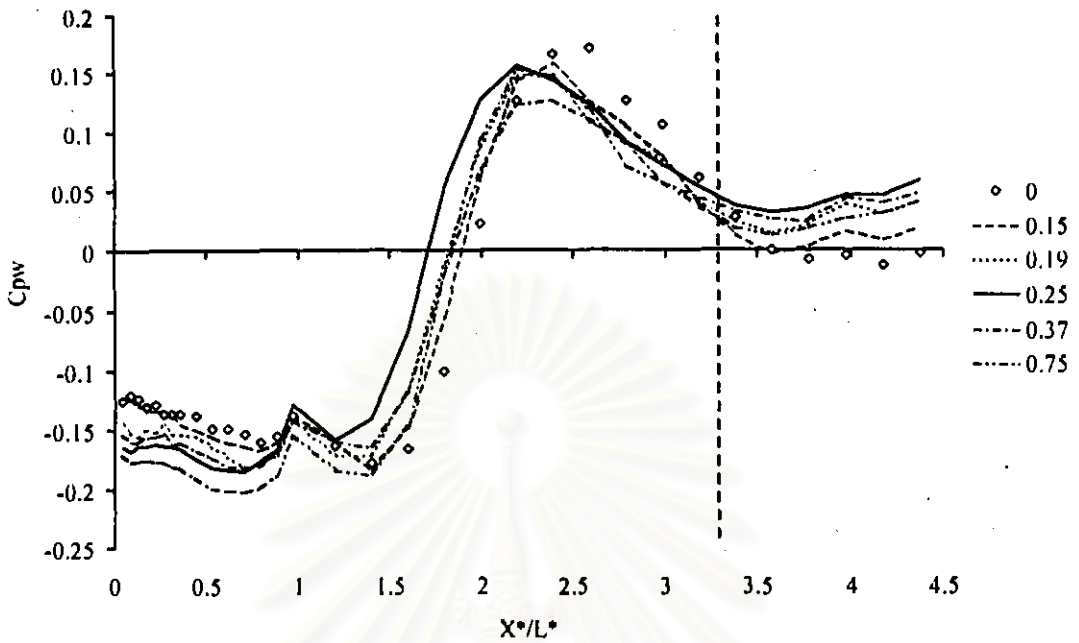
รูปที่ 4.31 กราฟแสดงค่าความดันสถิตเฉลี่ยบนผนังด้านที่ไม่เกิดการไหลแยกตัว  
ของดีฟิวเซอร์แบบ Fully developed stall ที่มีค่า  $\delta/S$  ต่างๆ  
( $X^*/L^* \leq 0.4$ )



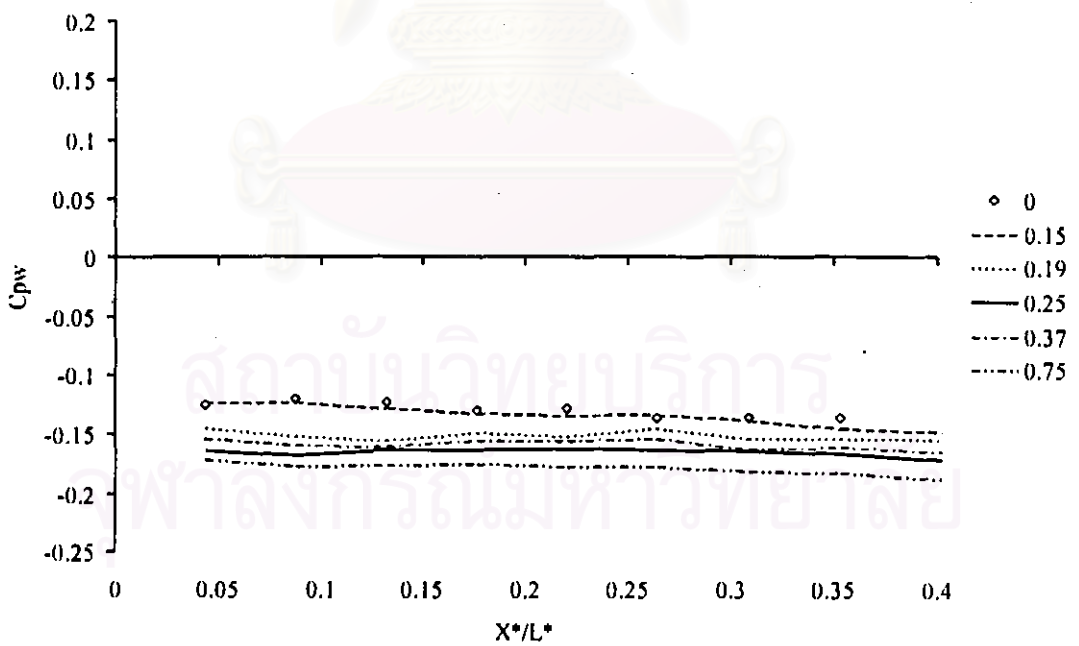
รูปที่ 4.32 กราฟแสดงค่าความดันสถิตเฉลี่ยบนผนังด้านที่เกิดการไหลแยกตัว  
ของดีฟิวเซอร์แบบ Fully developed stall ที่มีค่า  $\delta/S$  ต่างๆ



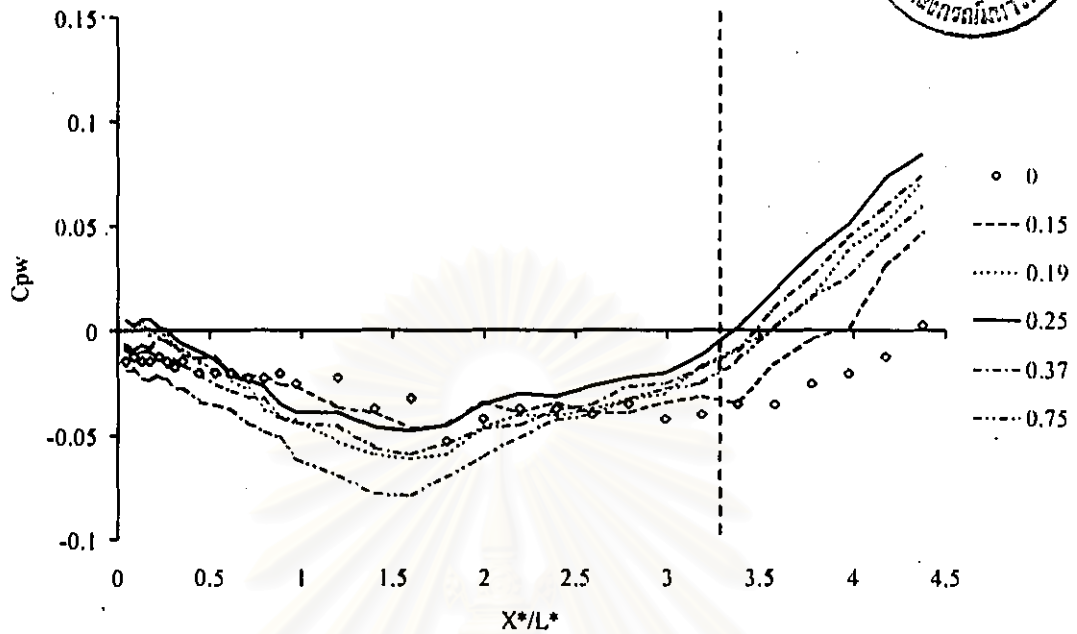
รูปที่ 4.33 กราฟแสดงค่าความดันสถิตเฉลี่ยบนผนังด้านที่เกิดการไหลแยกตัว  
ของดีฟิวเซอร์แบบ Fully developed stall ที่มีค่า  $\delta/S$  ต่างๆ  
( $X^*/L^* \leq 0.4$ )



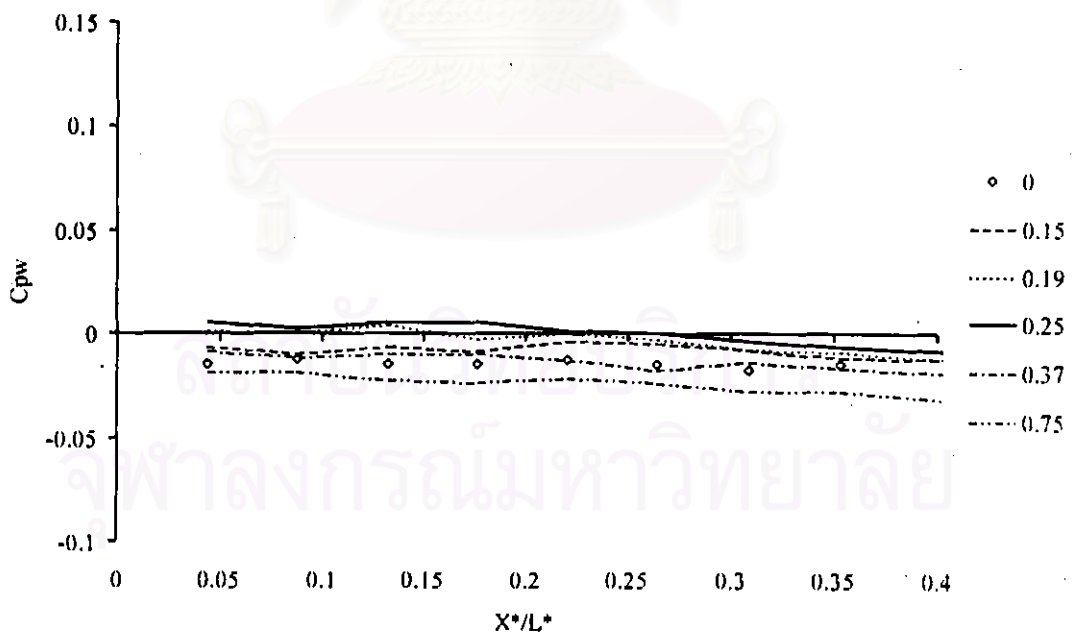
รูปที่ 4.34 กราฟแสดงค่าความดันสถิตเฉลี่ยบนผนังด้านที่มีความรุนแรงของการไหลแยกตัวน้อยกว่าของดีฟฟิวเซอร์แบบ Jet flow ที่มีค่า  $\delta/S$  ต่างๆ



รูปที่ 4.35 กราฟแสดงค่าความดันสถิตเฉลี่ยบนผนังด้านที่มีความรุนแรงของการไหลแยกตัวน้อยกว่าของดีฟฟิวเซอร์แบบ Jet flow ที่มีค่า  $\delta/S$  ต่างๆ ( $X^*/L^* \leq 0.4$ )

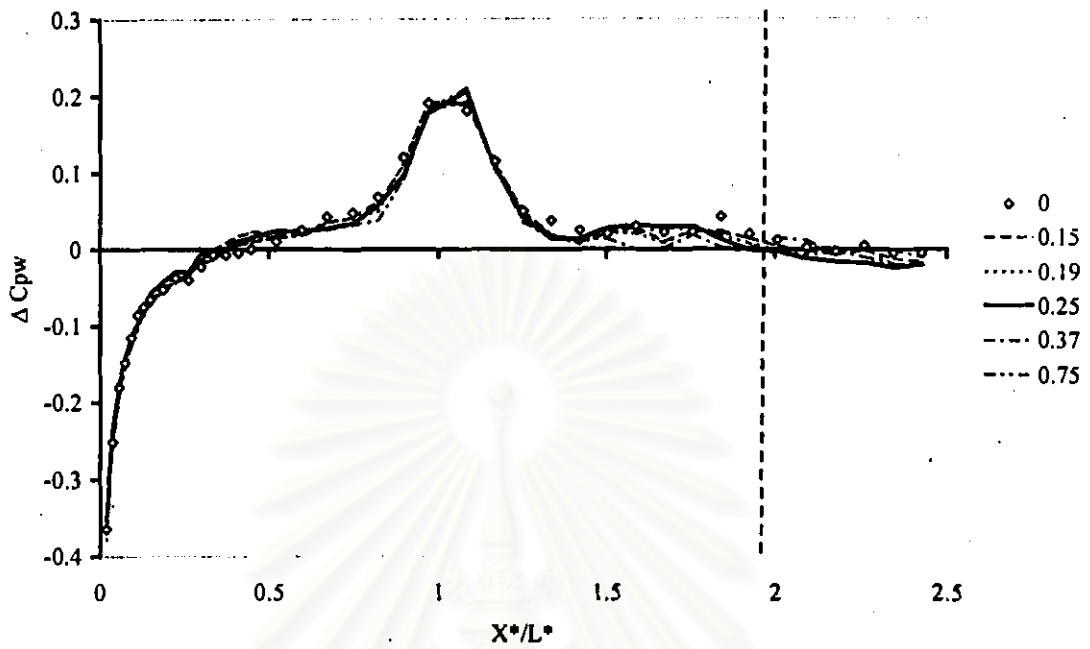


รูปที่ 4.36 กราฟแสดงค่าความดันสถิตเฉลี่ยบนผนังด้านที่มีความรุนแรงของการไหลแยกตัวมากกว่าของดีฟิวเซอร์แบบ Jet flow ที่มีค่า  $\delta/S$  ต่างๆ

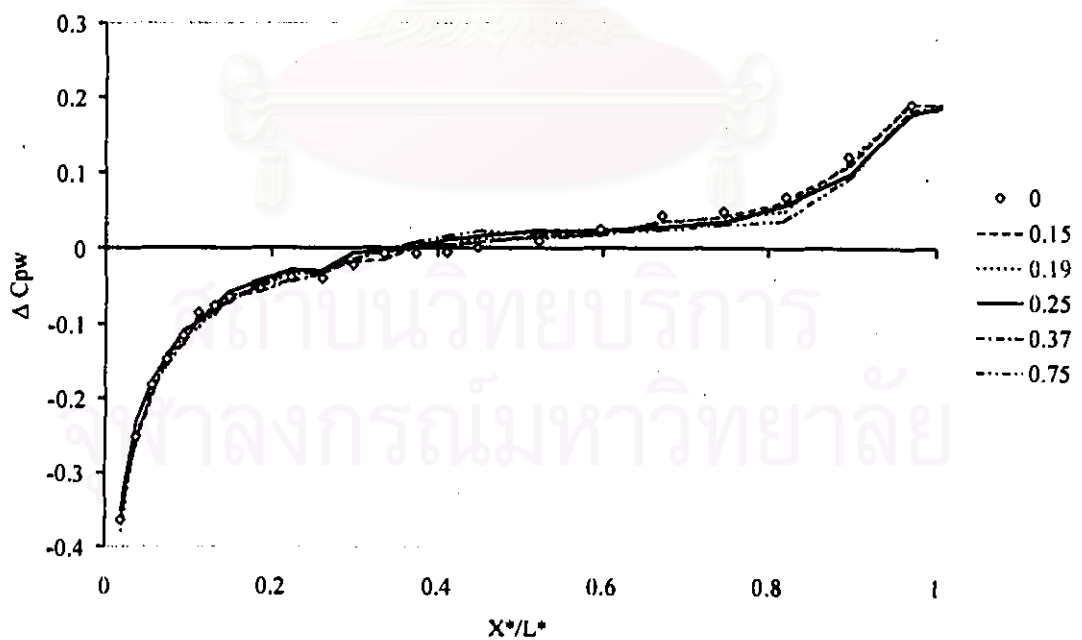


รูปที่ 4.37 กราฟแสดงค่าความดันสถิตเฉลี่ยบนผนังด้านที่มีความรุนแรงของการไหลแยกตัวมากกว่าของดีฟิวเซอร์แบบ Jet flow ที่มีค่า  $\delta/S$  ต่างๆ ( $X^*/L^* \leq 0.4$ )

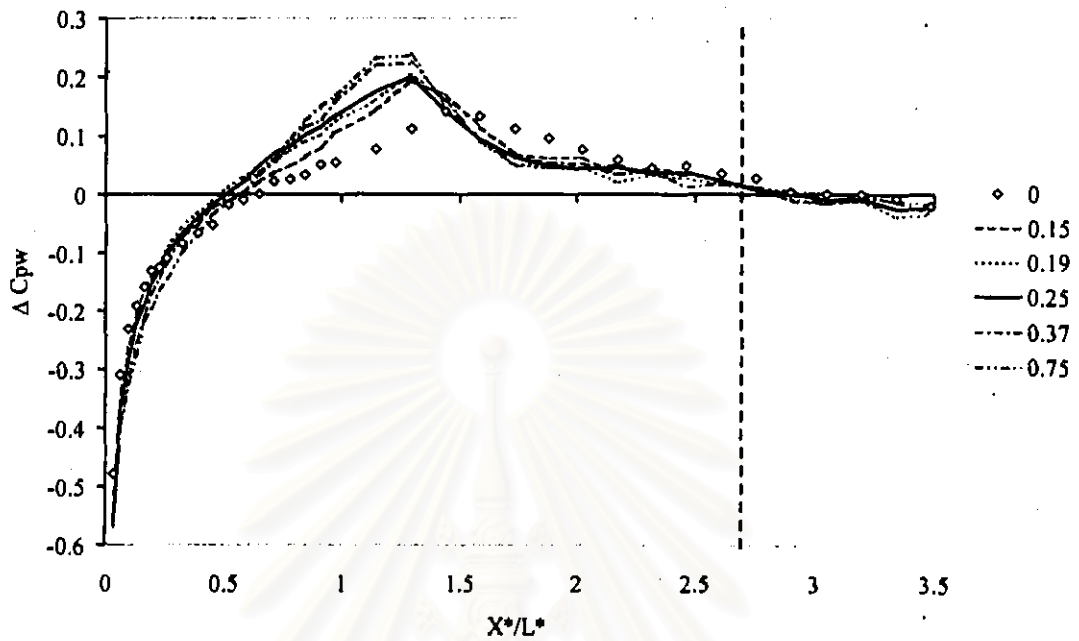




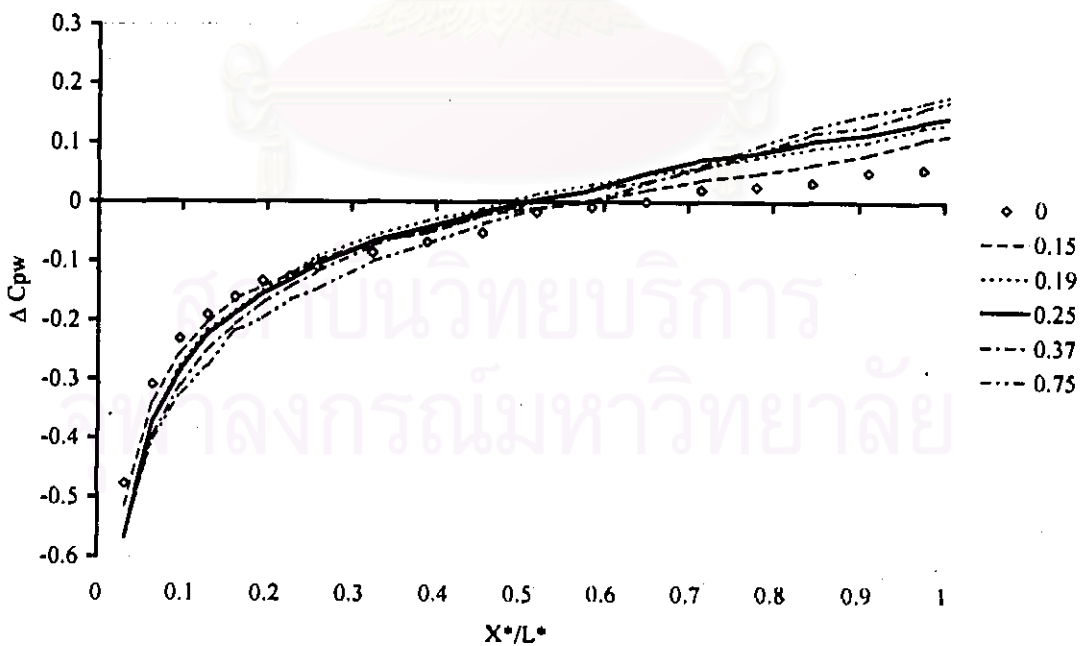
รูปที่ 4.38 ความแตกต่างความดันสถิตระหว่างผนังด้านบนและด้านล่างของ  
ดิฟฟิวเซอร์ แบบ Transitory stall ที่มี  $\delta/S$  ต่างๆ



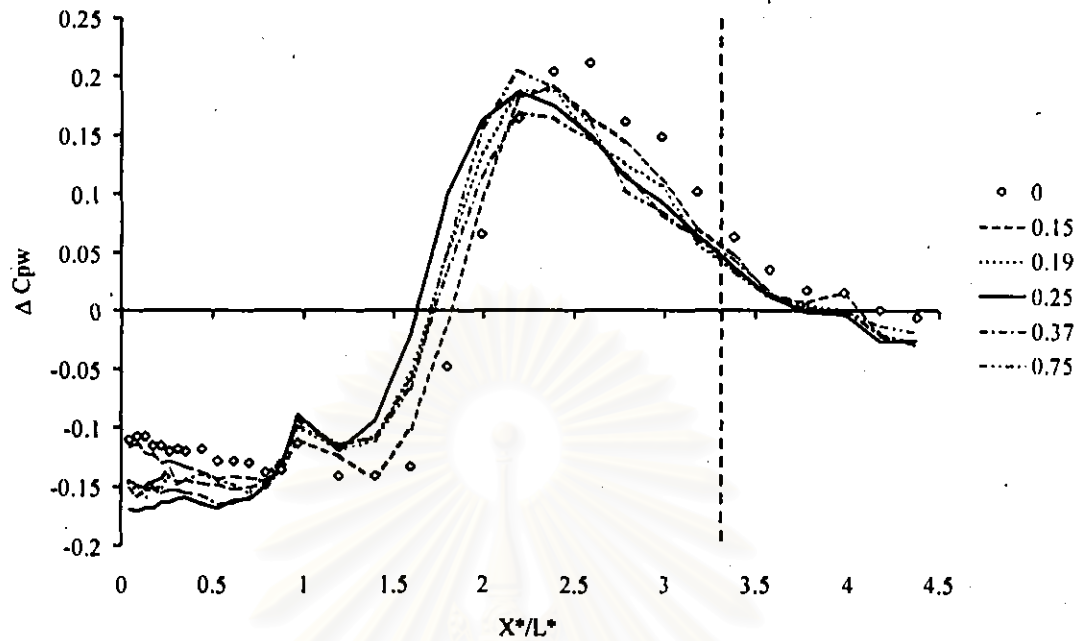
รูปที่ 4.39 ความแตกต่างความดันสถิตระหว่างผนังด้านบนและด้านล่างของ  
ดิฟฟิวเซอร์ แบบ Transitory stall ที่มี  $\delta/S$  ต่างๆ ( $X^*/L^* \leq 1$ )



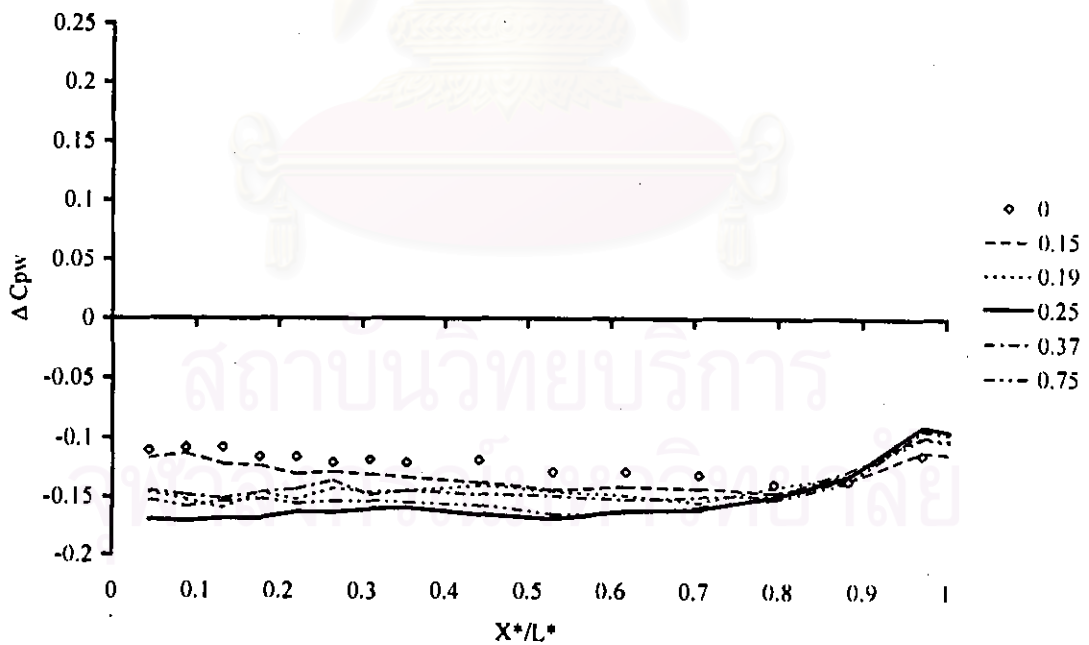
รูปที่ 4.40 ความแตกต่างความดันสถิตระหว่างผนังด้านบนและด้านล่างของ  
ดิฟฟิวเซอร์ แบบ Fully developed stall ที่มี  $\delta/S$  ต่างๆ



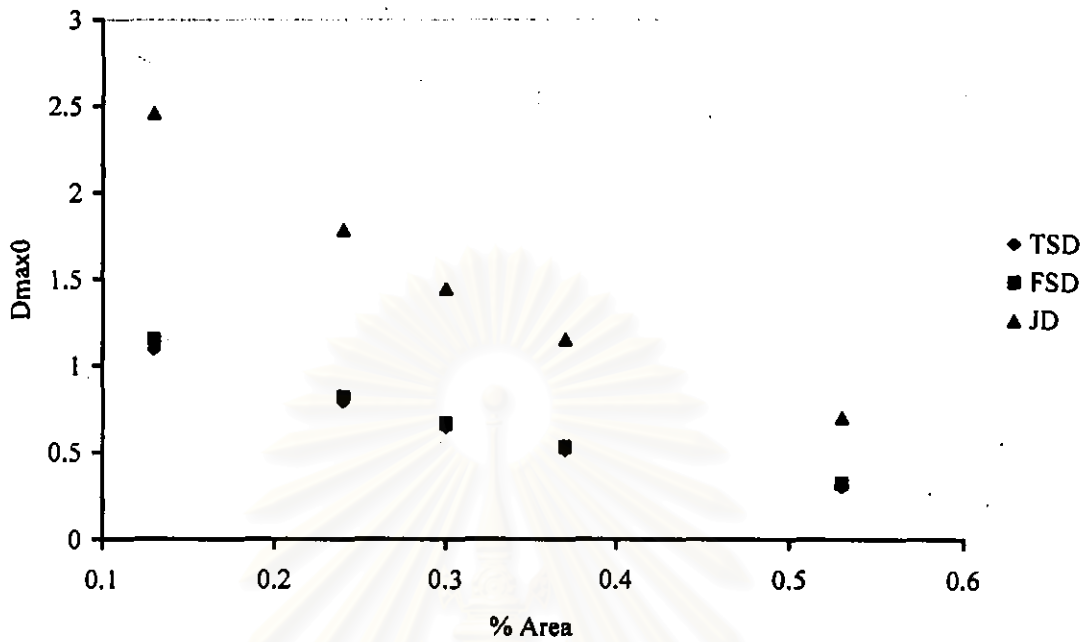
รูปที่ 4.41 ความแตกต่างความดันสถิตระหว่างผนังด้านบนและด้านล่างของ  
ดิฟฟิวเซอร์แบบ Fully developed stall ที่มี  $\delta/S$  ต่างๆ  
( $X^*/L^* \leq 1$ )



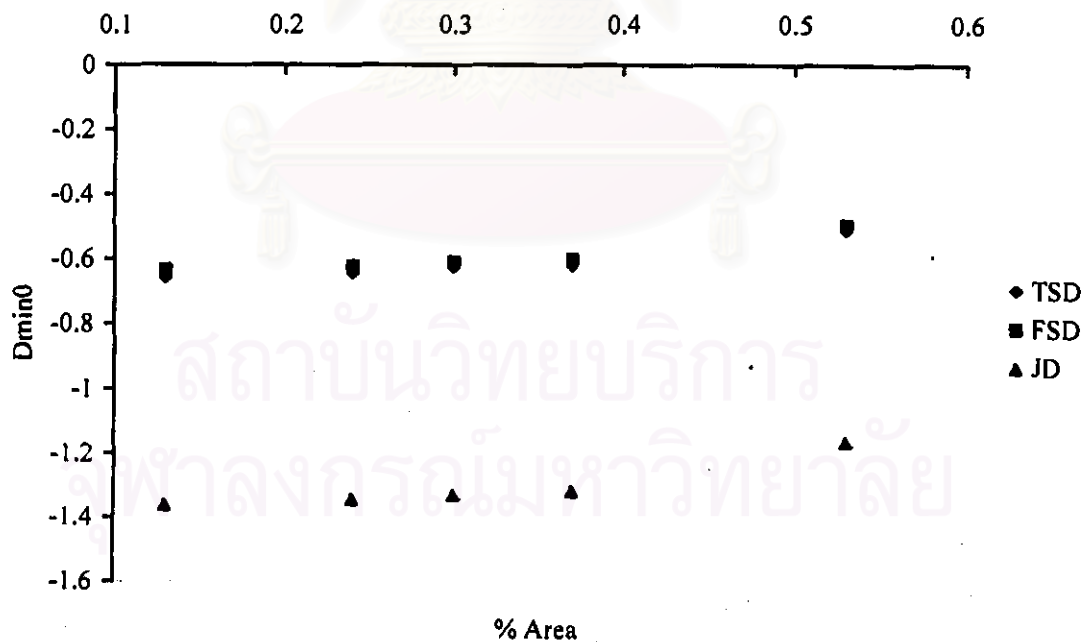
รูปที่ 4.42 ความแตกต่างของความดันสถิตระหว่างผนังด้านบนและด้านล่างของ  
ตีฟิวเซอร์แบบ Jet flow ที่มี  $\delta/S$  ต่างๆ



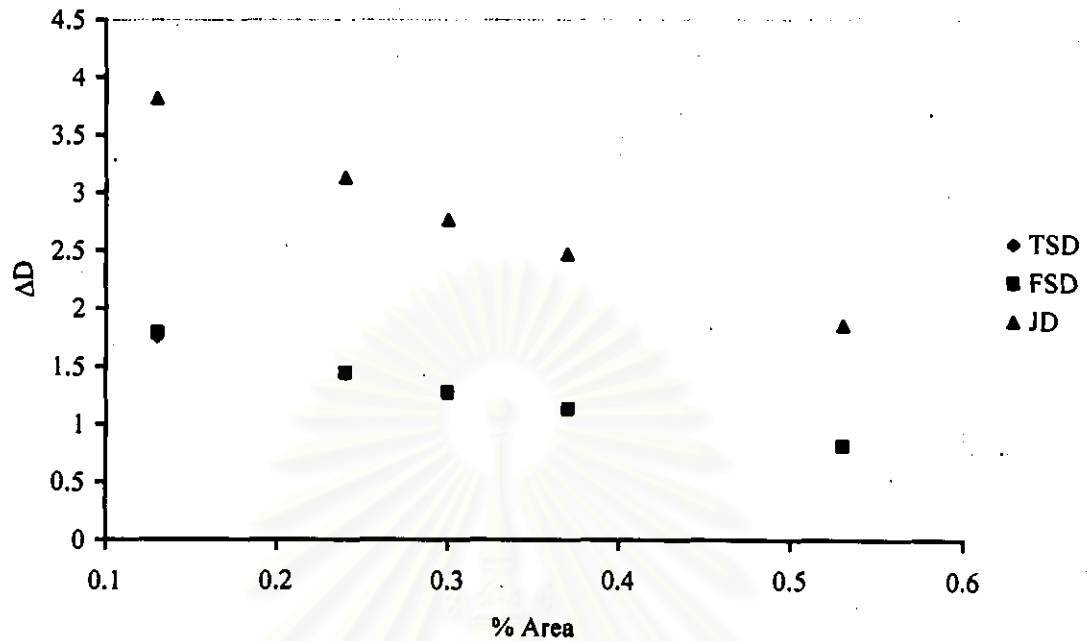
รูปที่ 4.43 ความแตกต่างของความดันสถิตระหว่างผนังด้านบนและด้านล่างของ  
ตีฟิวเซอร์แบบ Jet flow ที่มี  $\delta/S$  ต่างๆ ( $X^*/L^* \leq 1$ )



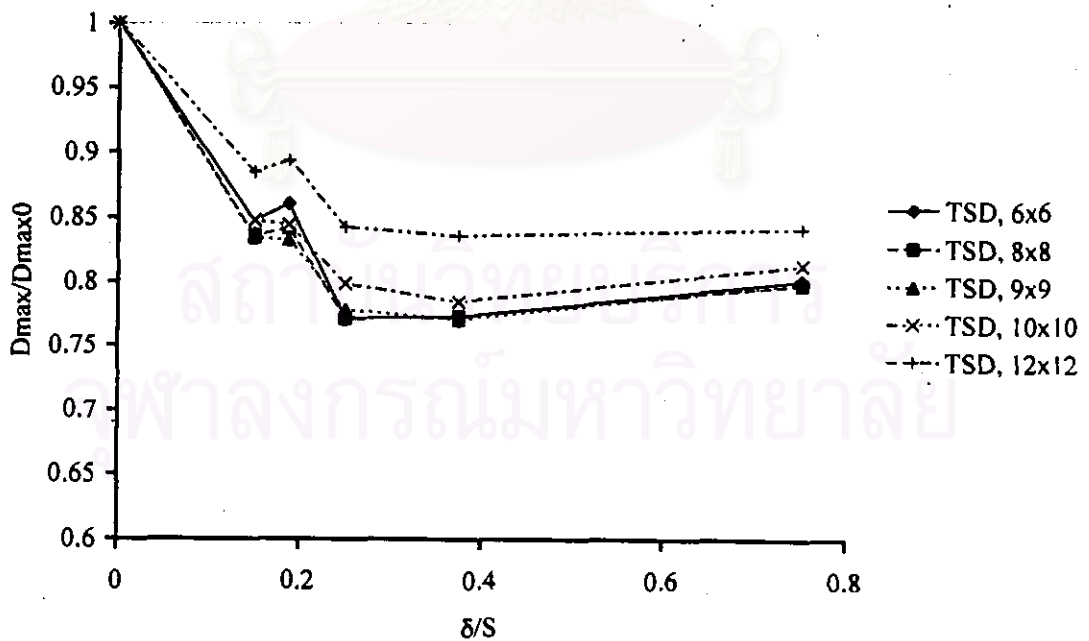
รูปที่ 4.44 กราฟเปรียบเทียบค่า  $D_{max0}$  ของดิฟฟิวเซอร์ทั้งสามแบบที่ใช้หน้าต่างขนาดต่างๆกัน



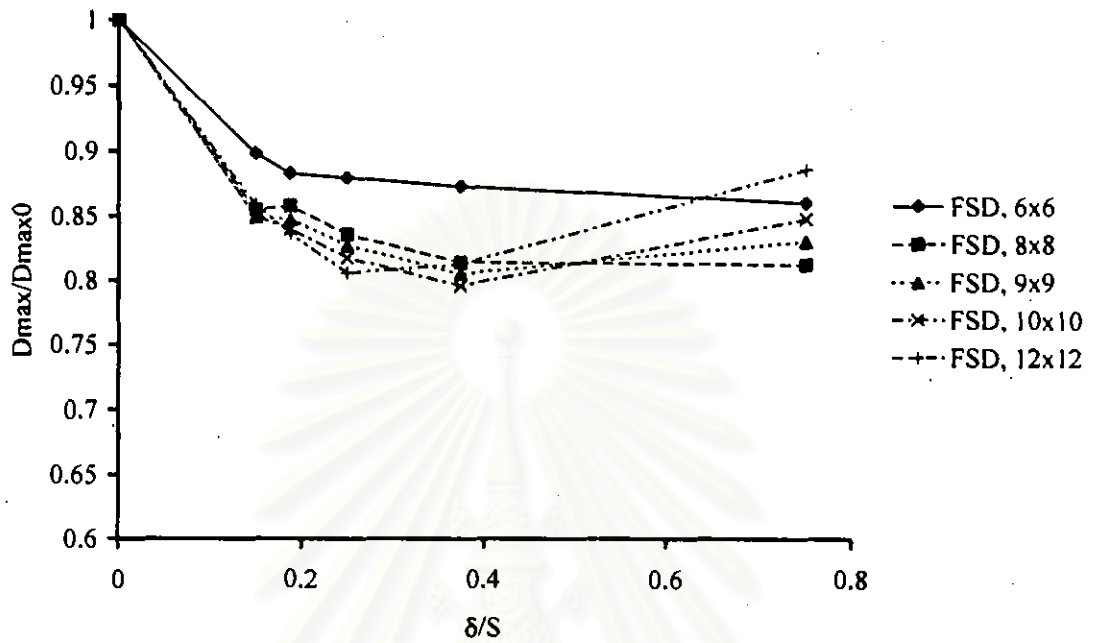
รูปที่ 4.45 กราฟเปรียบเทียบค่า  $D_{min0}$  ของดิฟฟิวเซอร์ทั้งสามแบบที่ใช้หน้าต่างขนาดต่างๆกัน



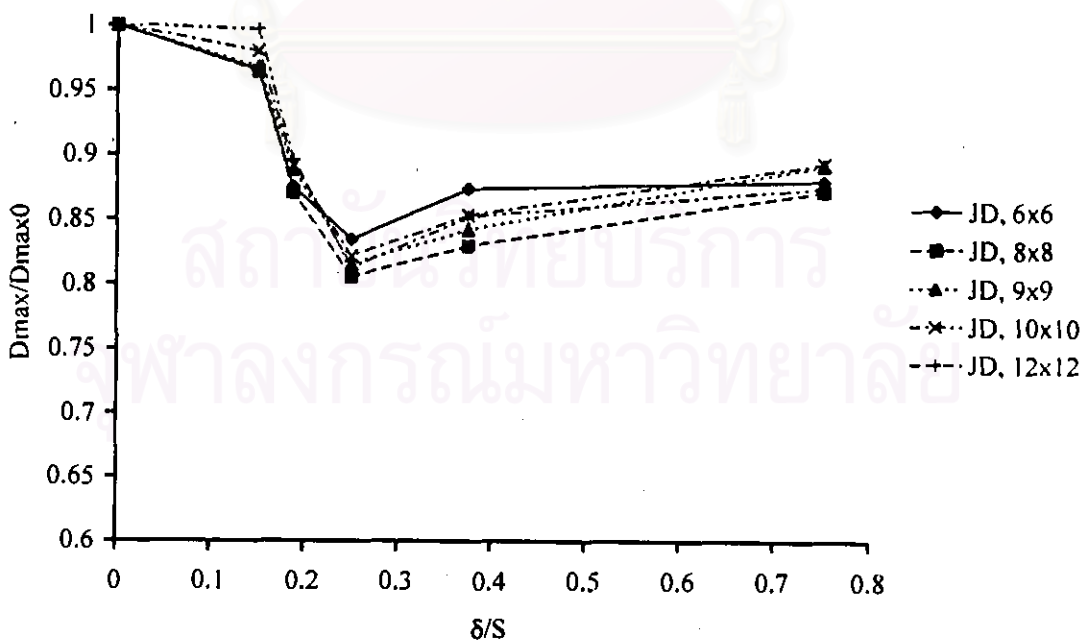
รูปที่ 4.46 กราฟเปรียบเทียบค่า  $\Delta D_0$  ของดิวเซอร์ทั้งสามแบบที่ใช้หน้าต่างขนาดต่างๆกัน



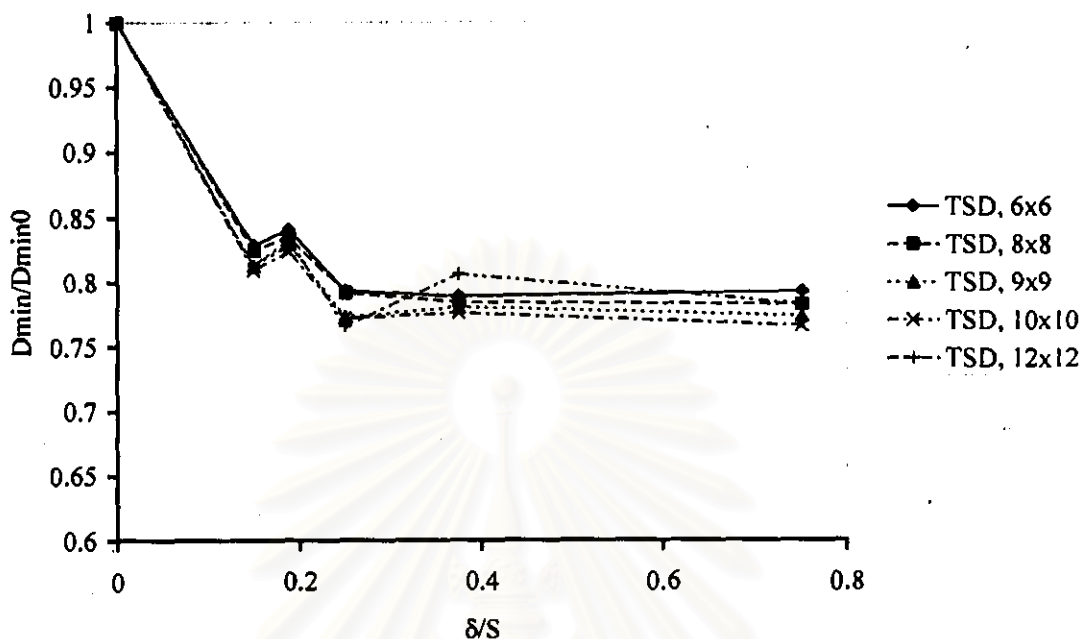
รูปที่ 4.47 กราฟเปรียบเทียบการใช้หน้าต่างขนาดต่างๆ ในการคำนวณค่า  $D_{max}$  ของดิวเซอร์แบบ Transitory stall ที่ติดตั้ง VG



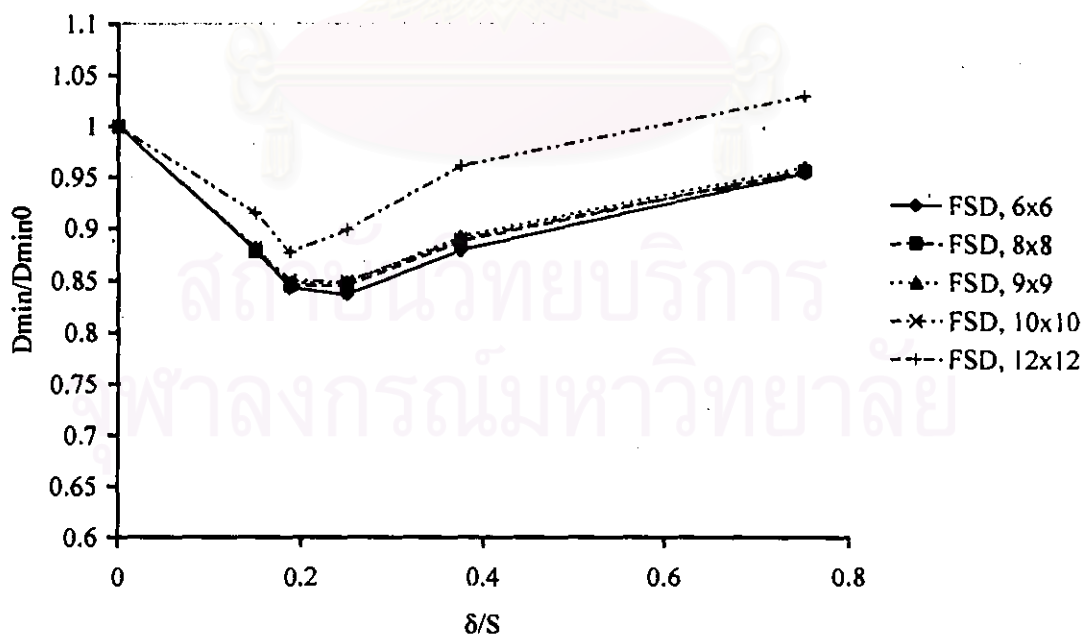
รูปที่ 4.48 กราฟเปรียบเทียบการใช้หน้าตาต่างขนาดต่างๆ ในการคำนวณค่า  $D_{max}$  ของดีฟฟิวเซอร์แบบ Fully developed stall ที่ติดตั้ง VG



รูปที่ 4.49 กราฟเปรียบเทียบการใช้หน้าตาต่างขนาดต่างๆ ในการคำนวณค่า  $D_{max}$  ของดีฟฟิวเซอร์แบบ Jet flow ที่ติดตั้ง VG

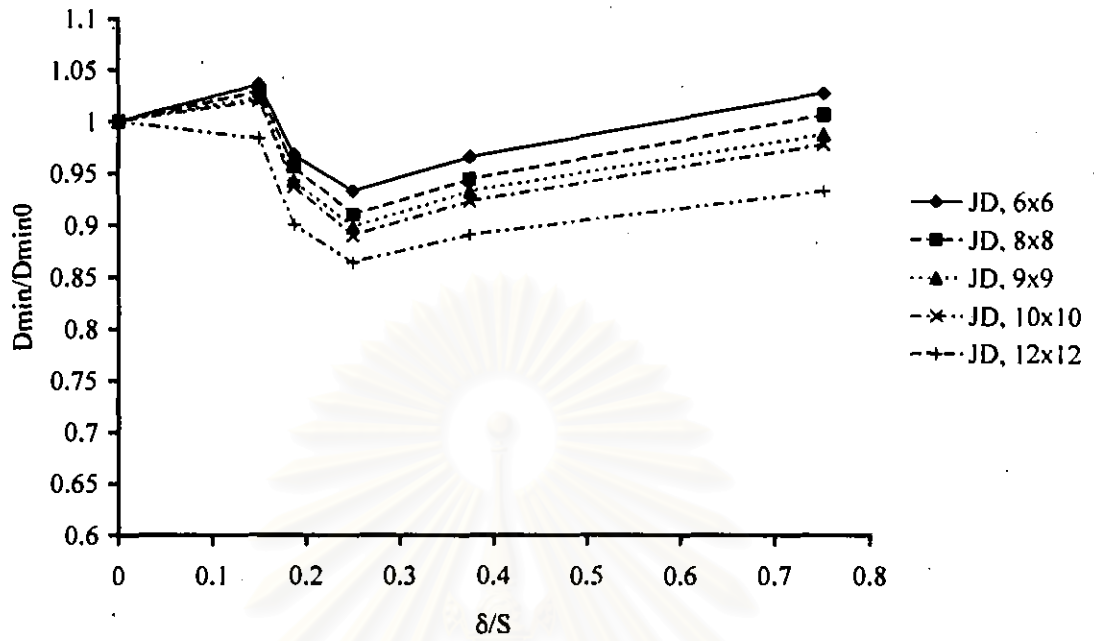


รูปที่ 4.50 กราฟเปรียบเทียบการใช้หน้าตาต่างขนาดต่างๆ ในการคำนวณค่า  $D_{min}$  ของดีฟิวเซอร์แบบ Transitory stall ที่ติดตั้ง VG

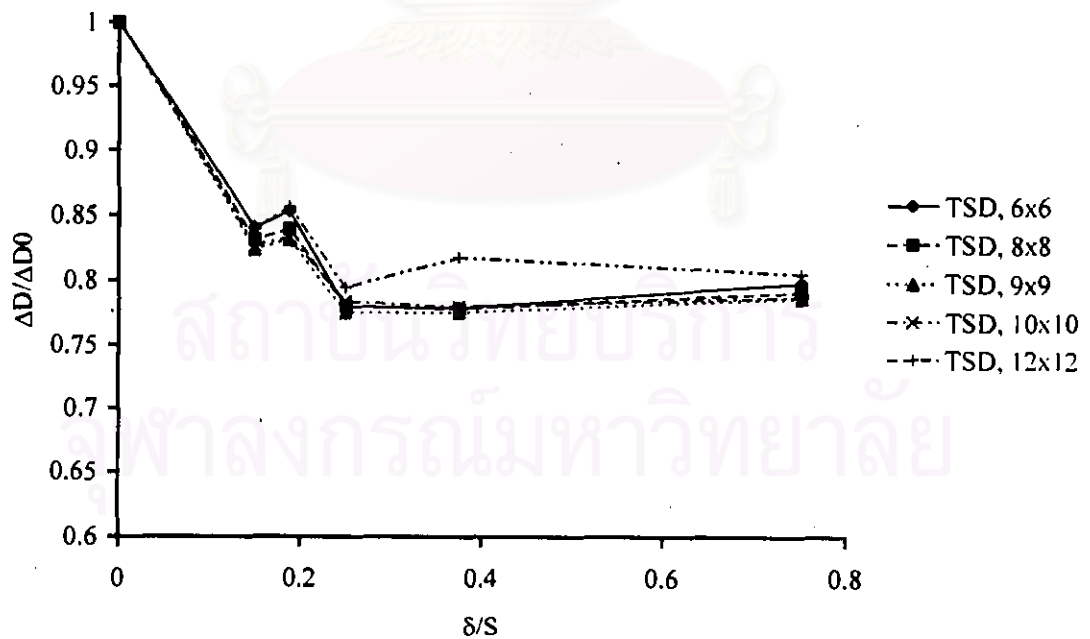


รูปที่ 4.51 กราฟเปรียบเทียบการใช้หน้าตาต่างขนาดต่างๆ ในการคำนวณค่า  $D_{min}$  ของดีฟิวเซอร์แบบ Fully developed stall ที่ติดตั้ง VG

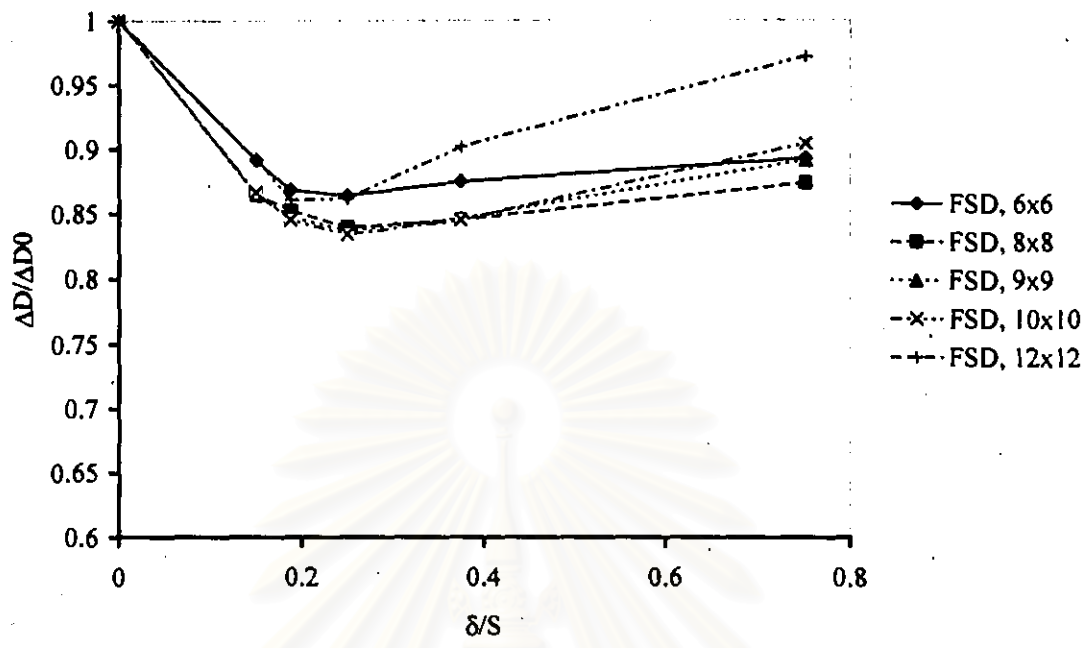




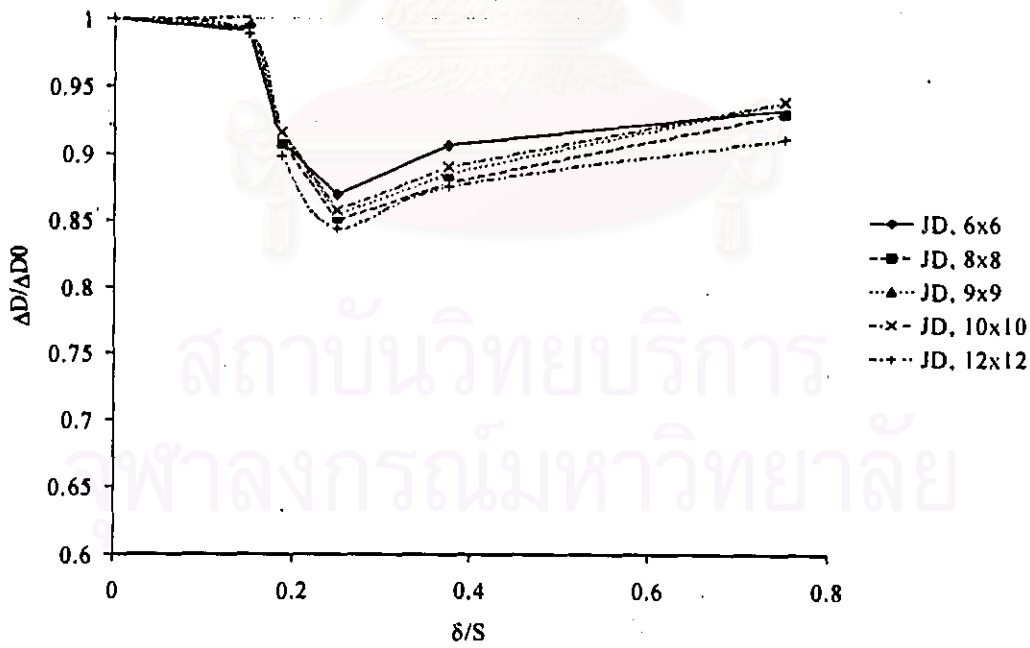
รูปที่ 4.52 กราฟเปรียบเทียบการใช้หน้าตาขนาดต่างๆ ในการคำนวณค่า  $D_{min}$  ของดีฟฟิวเซอร์แบบ Jet flow ที่ติดตั้ง VG



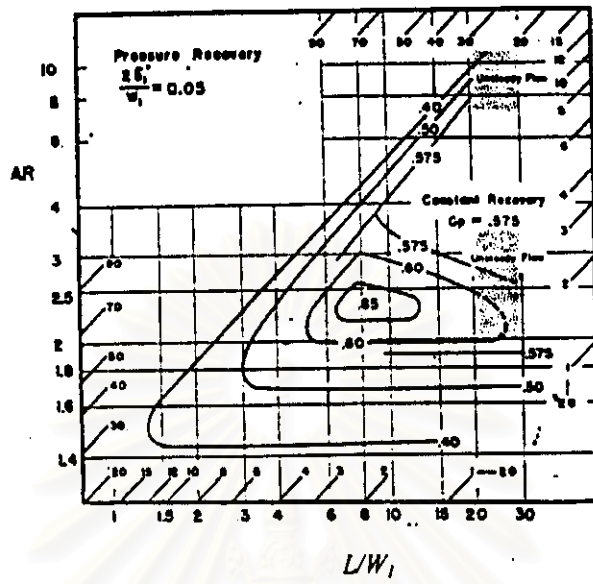
รูปที่ 4.53 กราฟเปรียบเทียบการใช้หน้าตาขนาดต่างๆ ในการคำนวณค่า  $AD$  ของดีฟฟิวเซอร์แบบ Transitory stall ที่ติดตั้ง VG



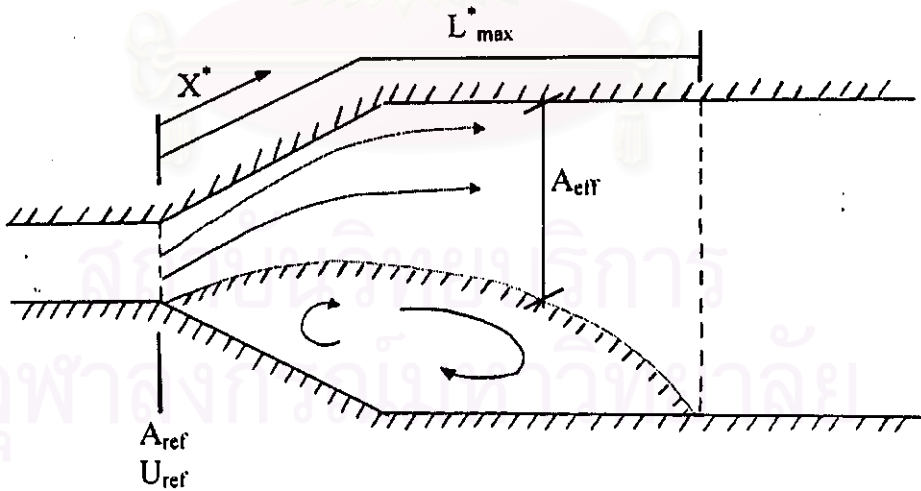
รูปที่ 4.54 กราฟเปรียบเทียบการใช้หน้าตาต่างขนาดต่างๆ ในการคำนวณค่า  $\Delta D$  ของดีฟฟิวเซอร์แบบ Fully developed stall ที่ติดตั้ง



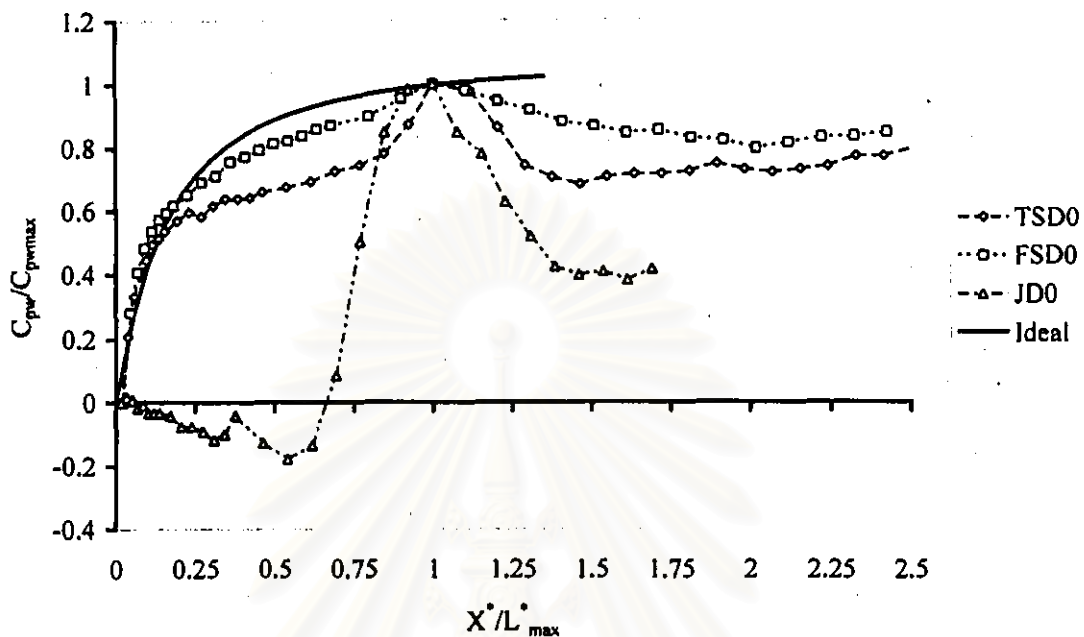
รูปที่ 4.55 กราฟเปรียบเทียบการใช้หน้าตาต่างขนาดต่างๆ ในการคำนวณค่า  $\Delta D$  ของดีฟฟิวเซอร์แบบ Jet ที่ติดตั้ง VG



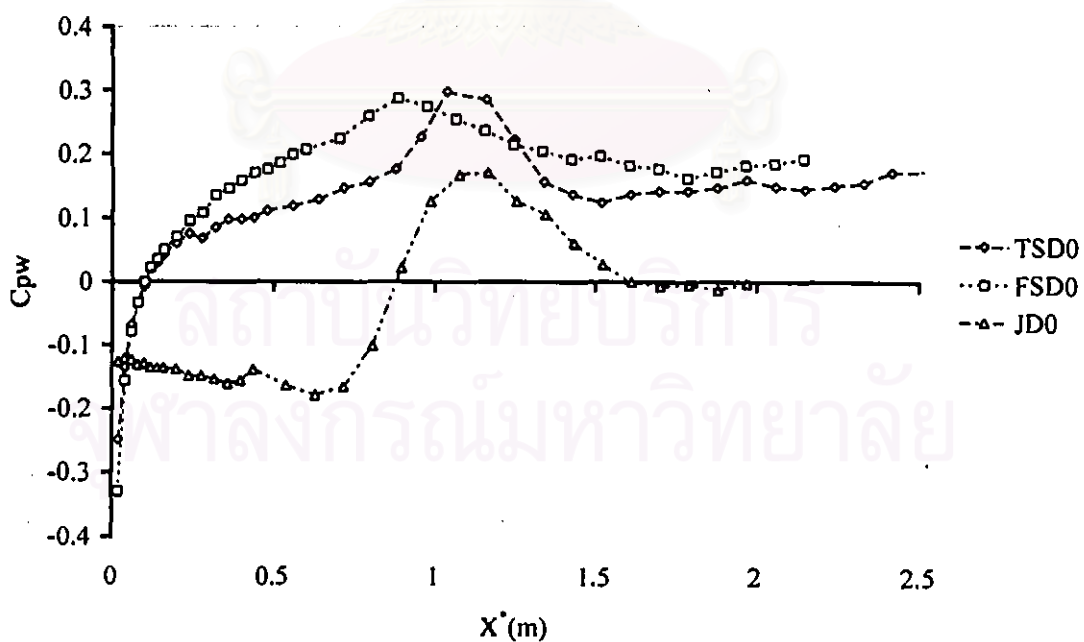
รูปที่ 5.1 ค่า  $C_p$  ของดัดฟิวเซอร์ผนังตรงแบบ 2 มิติ ที่มี blockage area เท่ากับ 0.05 (Reneau et al., 1967)



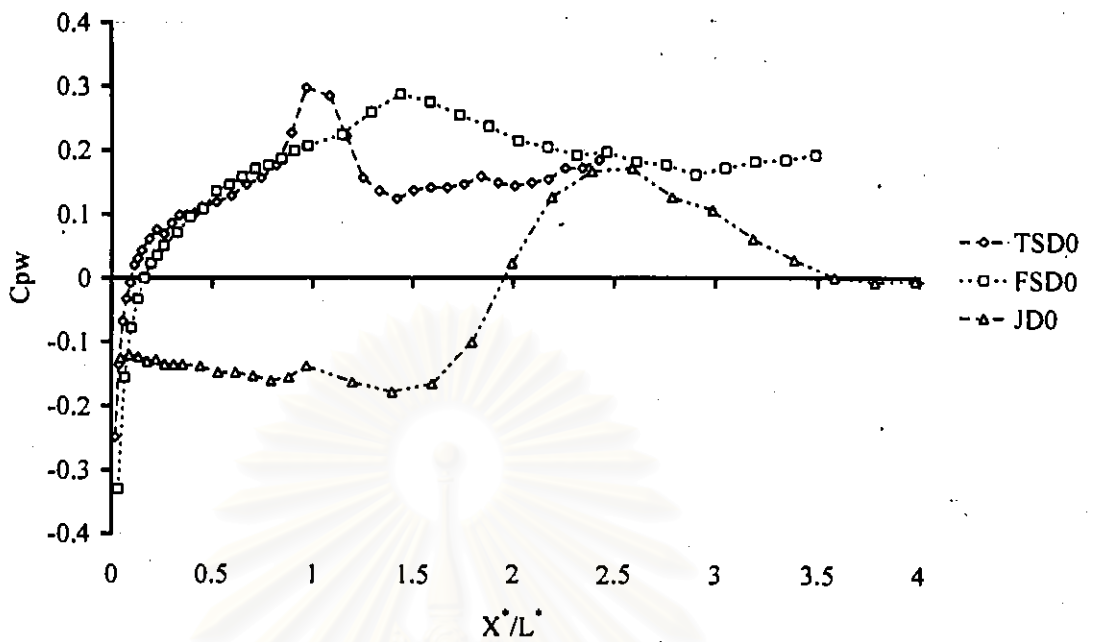
รูปที่ 5.2 ภาพแบบจำลองการไหลในดัดฟิวเซอร์



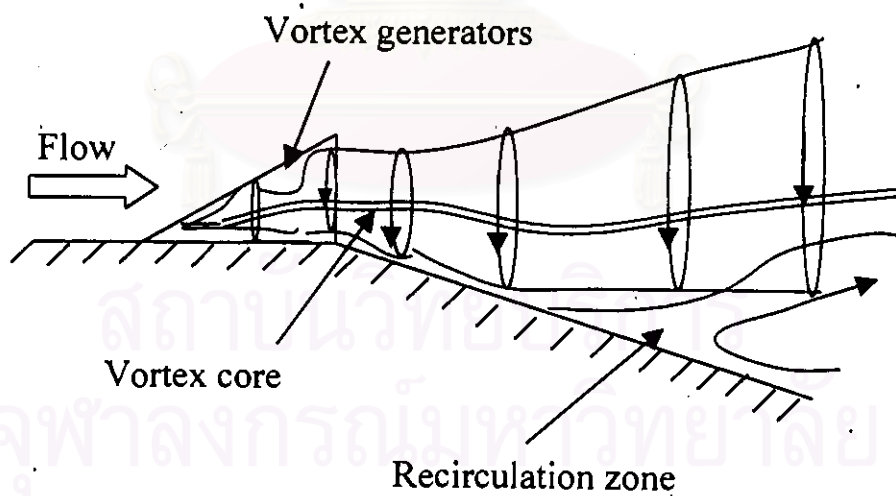
รูปที่ 5.3 การกระจายความดันสถิตในแบบจำลองของดีฟิวเซอร์ที่  
ได้ทำการ normalized ด้วยพารามิเตอร์ของการไหล



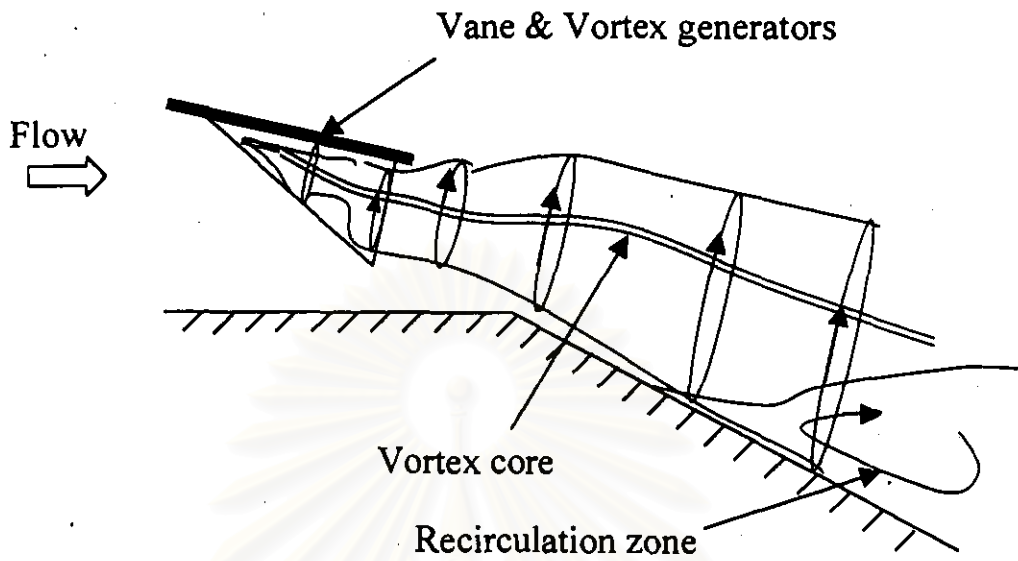
รูปที่ 5.4 การกระจายความดันสถิตบนผนังดีฟิวเซอร์ที่ไม่ได้ normalized  
ด้วยพารามิเตอร์ของการไหล



รูปที่ 5.5 การกระจายความดันสถิตบนผนังตีฟิวเซอร์ที่ normalized ระยะทางด้วยความยาวของผนังเอียงของตีฟิวเซอร์



รูปที่ 5.6 ลักษณะของการเคลื่อนที่ของวอร์เทกซ์จากการติดตั้งปีกแบบครึ่งสามเหลี่ยมในการทดลอง



รูปที่ 5.7 ลักษณะของการเคลื่อนที่ของวอร์เทกซ์จากการติดตั้งปีกแบบครึ่งสามเหลี่ยมบน vane