

สรุปผลการทดลอง

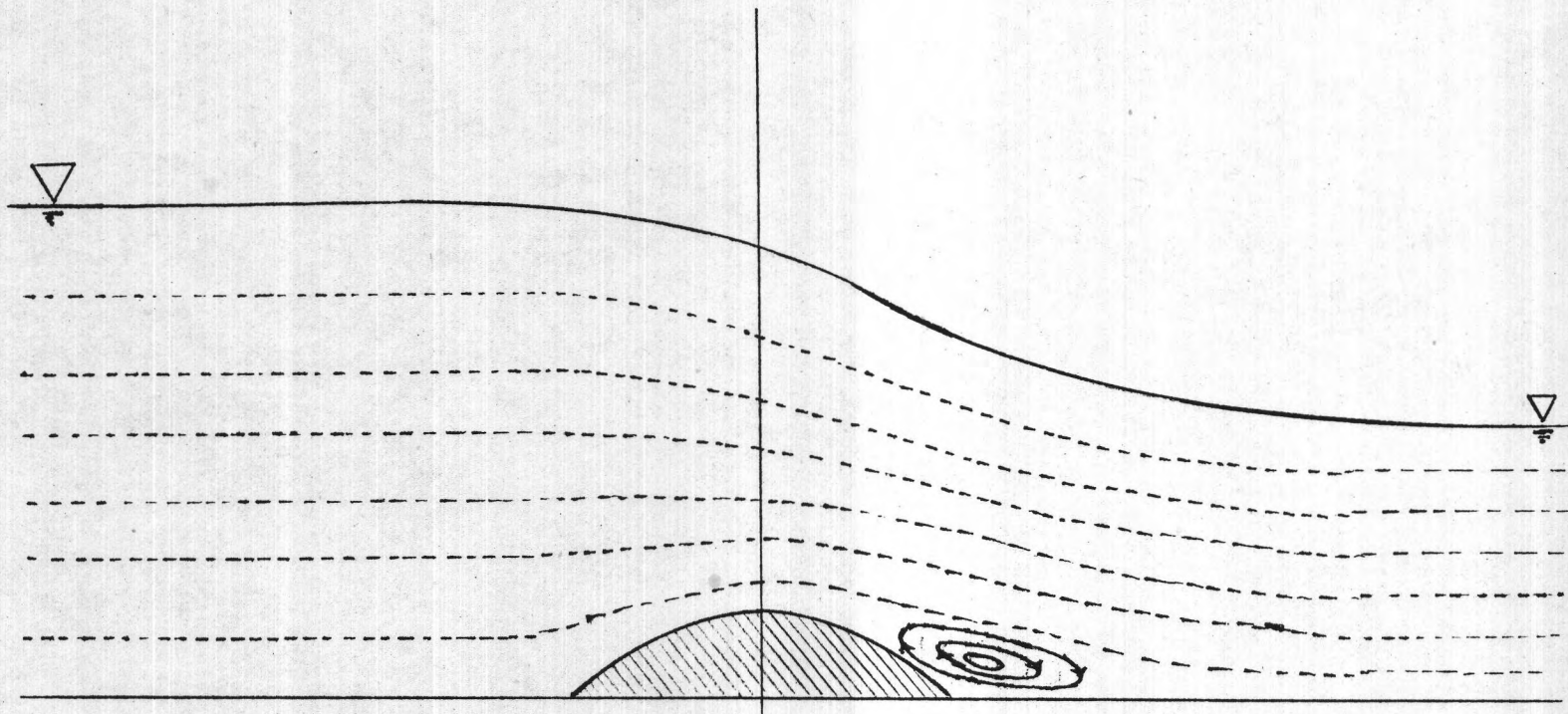
การสรุปผลการทดลองนี้ได้แบ่งเป็น 2 ส่วนคือ สำหรับรูปร่างที่มีสมการพื้นผิวเหมือนกัน และสำหรับรูปร่างที่มีสมการพื้นผิวต่างกัน

5.1 สรุปผลสำหรับรูปร่างที่มีสมการพื้นผิวเหมือนกัน

- รูปร่างพาราโบลีคชนิดสมมาตร ได้แก่รูป P0404, P1616, P5050, P9898 ถ้าค่า α ของสมการพื้นผิวมีค่าสูงขึ้นนั่นคือสิ่งกีดขวางจะกว้างขึ้น ค่าความสูงวิกฤตต้นน้ำ (h_0) จะมีค่าสูงขึ้นเมื่อพิจารณาที่ค่า F^2 คงที่ค่าหนึ่ง และถ้าพิจารณาที่ $F^2 < 0.1$ ค่าความสูงวิกฤตจะมีค่าใกล้เคียงกัน ไม่ว่าค่า α ของสมการพื้นผิวจะมีค่าเป็นเท่าใด นั่นคือที่ F^2 ต่ำๆ (หรือความเร็วของการไหลต่ำ) รูปร่างสิ่งกีดขวางจะไม่มีผลต่อค่าความสูงวิกฤตมากนัก

เมื่อเทียบค่าผลการทดลองกับผลการคำนวณจะเห็นได้ว่าที่ค่า α ต่ำๆ ผลการทดลองกับผลการคำนวณจะมีค่าใกล้เคียงกัน แต่เมื่อค่า α สูงขึ้นผลการทดลอง กับผลการคำนวณจะมีความแตกต่างกันมากยิ่งขึ้น และถ้ายังพิจารณาที่ F^2 สูงๆ แล้ว ผลการทดลอง กับผลการคำนวณยังมีความแตกต่างกันมาก ถ้าสังเกตการไหลของน้ำจากการทดลองจริงๆ แล้วจะเห็นได้ว่า เมื่อ F^2 มีค่าสูงคืออัตราการไหลมีค่าสูงเราจะเห็นการหมุนวนของน้ำเกิดขึ้นบริเวณด้านหลังสิ่งกีดขวาง มีลักษณะดังรูปที่ 5.1 แต่สำหรับการคำนวณนั้นเราไม่ได้พิจารณาถึงการหมุนวนของน้ำเลย เพราะสมการพื้นฐานที่หาได้จากทฤษฎีตั้งอยู่บนสมมติฐานที่ว่าพื้นผิวของสิ่งกีดขวางและพื้นล่างของรางน้ำเป็นพื้นล่างของ Fluid sheet ด้วย การเกิดการหมุนวนของน้ำบริเวณด้านหลังสิ่งกีดขวางนั้นมีผลทำให้ลักษณะทางเรขาคณิตของสิ่งกีดขวางเปลี่ยนแปลงไปและยังเป็นการสูญเสียพลังงานด้วย ดังนั้นจึงไม่น่าแปลกใจนักที่ผลการคำนวณและ การทดลองไม่ใกล้เคียงกันเมื่ออัตราการไหลมีค่าสูง

- รูปร่างพาราโบลีคชนิดไม่สมมาตร ได้แก่รูป P0416, P1604 เพื่อเป็นการศึกษาถึงผลการเปลี่ยนรูปร่างสิ่งกีดขวางด้านหน้า(คือบริเวณ $x < 0$) เทียบกับการเปลี่ยนรูปร่างด้านหลัง(คือบริเวณ $x > 0$) เมื่อพิจารณารูป P0416, P1604 เทียบกับรูป P0404 จะเห็นได้ว่ารูป P0416 เมื่อเทียบกับรูป P0404 จะเป็นการเปลี่ยนแปลงรูปร่างด้านหลัง ส่วนรูป P1604 เป็นการเปลี่ยนแปลงรูปร่างด้านหน้า ผลการ



รูปที่ 5.1 ลักษณะการหมุนวนของน้ำ



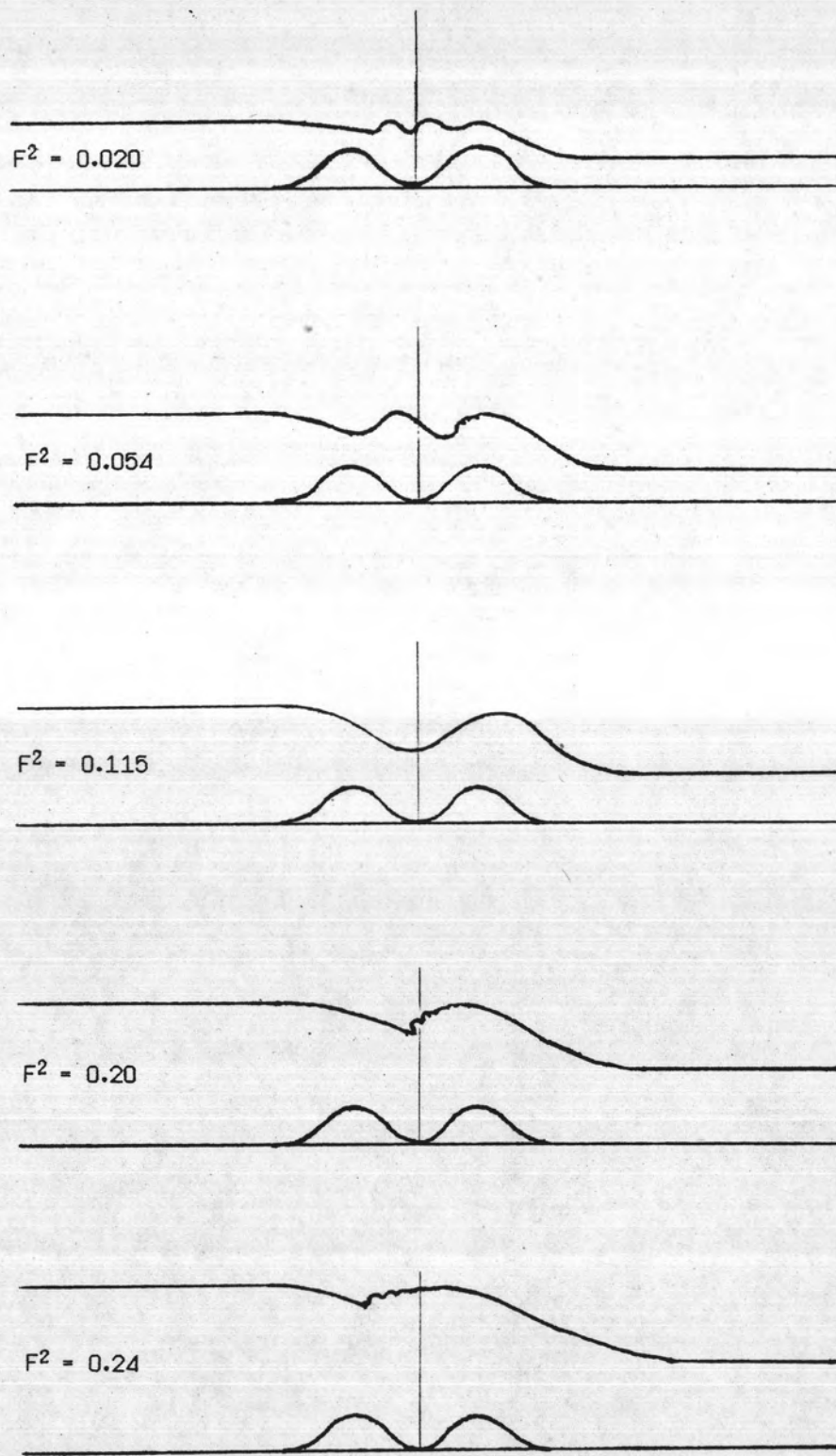
ทดลองจะเห็นได้ว่าความแตกต่างของความสูงวิกฤตที่เกิดขึ้นเมื่อมีการเปลี่ยนรูปร่างด้านหลัง จะมีค่ามากกว่าความแตกต่างเมื่อมีการเปลี่ยนรูปร่างด้านหน้า นอกจากนี้ในกรณีที่มีค่าสูงขึ้นความแตกต่างนี้ก็จะมีค่ามากขึ้นด้วย และถ้าพิจารณารูป P0416, P1604 เทียบกับรูป P1616 ก็จะให้ผลเดียวกันเมื่อเทียบผลการทดลองกับผลการคำนวณจะเห็นได้ว่าให้ผลทำนองเดียวกัน แต่ในการคำนวณค่าความแตกต่างของความสูงวิกฤตจะมีค่าน้อยกว่าการทดลอง เรากล่าวได้ว่าการรูปร่างด้านหลังจะมีผลต่อค่าความสูงวิกฤตมากกว่ารูปร่างด้านหน้า

- รูปร่าง sinusoidal มี 2 แบบคือแบบ 1 ลูกคลื่น(SN001) และแบบ 2 ลูกคลื่น(SN002)จากการทดลองจะเห็นได้ว่าแบบ 2 ลูกคลื่นจะให้ค่าความสูงวิกฤตมากกว่าเมื่อพิจารณาที่ค่า F^2 คงที่ค่าหนึ่งและในทำนองเดียวกับรูปร่างพาราโบลา คือที่ F^2 ต่ำค่าความสูงวิกฤตของทั้งสองรูปร่างนี้จะมีค่าใกล้เคียงกันคือที่ค่า F^2 ต่ำรูปร่างสี่เหลี่ยมจะมีผลต่อค่าความสูงวิกฤตน้อย

เมื่อเทียบผลการทดลองกับผลการคำนวณ จะเห็นได้ว่าความแตกต่างระหว่างผลการทดลองกับผลการคำนวณมีมากกว่า สำหรับสี่เหลี่ยมที่มีรูปร่างแบบพาราโบลา ส่วนแบบ 2 ลูกคลื่นจะเห็นได้ว่าเมื่อ F^2 มีค่าต่ำ ($F^2 < 0.1$) จะให้ค่าความแตกต่างค่าหนึ่ง เมื่อ F^2 มีค่าสูงขึ้น ค่าความแตกต่างกลับลดลง จนเมื่อค่า F^2 มากขึ้นอีกค่าความแตกต่างจึงกลับมากขึ้นอีก ซึ่งเมื่อพิจารณาลักษณะการไหลของน้ำในการทดลองจริงจะเห็นการไหลของน้ำบริเวณส่วนเว้าระหว่างคลื่น 2 ลูกมีลักษณะดังรูปที่ 5.2 จากรูปที่ 5.2 ซึ่งได้จากการสังเกตระหว่างการทดลอง จะเห็นได้ว่าที่ค่า F^2 ที่เหมาะสมค่าหนึ่งจะทำให้ลักษณะการไหลของน้ำบริเวณส่วนเว้า เกิดการหมุนวนน้อยที่สุด ซึ่งอาจเป็นเพราะการไหลของน้ำมีลักษณะเข้ากับส่วนเว้าพอดี ส่วนที่ค่า F^2 อื่นๆ ลักษณะการไหลของน้ำจะไม่พอดีกับรูปร่างส่วนเว้าจึงเกิดความปั่นป่วนบริเวณนี้มากขึ้น

- รูปร่างส่วนโค้งวงกลมชนิดสมมาตร ได้แก่รูปร่าง C0202, C0808, C3232 นั้นเมื่อพิจารณาที่ค่า F^2 คงที่ค่าหนึ่งรูปร่างที่มีค่า D_1 และ D_2 สูง ($D_1 = D_2 = 32d$) จะมีค่าความสูงวิกฤตมาก, รูปร่างที่มีค่า $D_1 = D_2 = 8d$ ค่าความสูงวิกฤตจะมีค่าลดลง แต่เมื่อ $D_1 = D_2 = 2d$ ค่าความสูงวิกฤตกลับสูงขึ้นอีก จากผลการทดลองเช่นนี้ แสดงได้ว่าค่าความสูงวิกฤตไม่ได้ขึ้นกับค่า D_1 และ D_2 เพียงอย่างเดียว

ในทำนองเดียวกับการไหลผ่านสี่เหลี่ยมอัด 2 รูปร่าง คือเมื่อพิจารณาที่ F^2 ต่ำผลของรูปร่างต่อค่าความสูงวิกฤตจะมีน้อย อีกประการหนึ่งเมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองกับผลการคำนวณจะเห็นได้ว่าที่ค่า $D_1 = D_2$ มีค่าสูง ผลการทดลองกับผลการคำนวณจะมีค่าใกล้เคียงกัน และถ้าค่า $D_1 = D_2$ มีค่าต่ำจะทำให้



รูปที่ 5.2 ลักษณะการบั่นป่วนของหน้าทีค่า F^2 ต่างๆของรูปร่าง SNOO2



รูปที่ 5.3 ภาพถ่ายลักษณะการปั่นป่วนของน้ำที่ค่า F^2 ต่างๆของรูปร่าง SN002

ผลการทดลอง กับการคำนวณมีค่าต่างกันมากขึ้น ซึ่งถ้าสังเกตจากการไหลของน้ำในการทดลองจริงจะเห็นได้ว่าเกิดจากการหมุนวนของน้ำบริเวณด้านหลังสิ่งกีดขวางในท่อนองเดียวกับรูปร่างพาราโบลิค

- รูปร่างส่วนโค้งวงกลมชนิดไม่สมมาตร ได้แก่รูปร่าง C0832, C3208 นั้นโดยการเปรียบเทียบกับรูปร่าง C0808 และ C3232 จะได้ข้อสรุปเช่นเดียวกับรูปร่างพาราโบลิคชนิดไม่สมมาตรคือ การเปลี่ยนรูปร่างด้านหลังจะมีผลต่อค่าความสูงวิกฤตมากกว่าการเปลี่ยนรูปร่างด้านหน้า

5.2 สรุปผลของรูปร่างที่มีสมการผิวต่างกัน

เราสามารถพิจารณาถึงรูปร่างต่างกันของสิ่งกีดขวาง(สมการผิวต่างกัน) โดยพิจารณารูปร่างที่มีความกว้างเท่าๆกันคือรูปร่าง P5050 กับ C0202 และ รูปร่าง P0404 กับ C3232 เมื่อเปรียบเทียบรูปร่าง P5050 กับ C0202 จะเห็นได้ว่าค่าความสูงวิกฤตใกล้เคียงกัน แต่รูปร่าง C0202 จะมีลักษณะส่วนโค้งเว้าอยู่ซึ่งเป็นลักษณะที่จะทำให้เกิดการหมุนวนของน้ำได้ง่ายกว่า ทำให้ในช่วงที่ค่า F^2 มีค่าไม่สูงนัก รูปร่างทั้งสองจะให้ค่าความสูงวิกฤตใกล้เคียงกัน แต่เมื่อค่า F^2 มีค่าสูงๆ รูปร่าง C0202 จะให้ค่าความสูงวิกฤตสูงกว่ารูปร่าง P5050 และเมื่อพิจารณารูปร่าง P0404 กับ C3232 จะเห็นได้ว่ารูปร่าง C3232 มีลักษณะส่วนโค้งเว้าน้อยมากเนื่องจากค่า D_1 และ D_2 มีค่ามากทำให้ส่วนโค้งเว้ามีลักษณะเกือบเป็นเส้นตรงและบริเวณรอยต่อของช่วงที่ I ต่อกับช่วงที่ II และรอยต่อของช่วงที่ II ต่อกับช่วงที่ III นั้นมีความเรียบมากกว่ารูปร่าง P0404 จึงเป็นเหตุให้รูปร่าง P0404 มีลักษณะที่จะทำให้เกิดการหมุนวนของน้ำมากกว่า ดังนั้นค่าความสูงวิกฤตของรูปร่าง P0404 มีค่าสูงกว่ารูปร่าง C3232

เมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองกับการคำนวณจะเห็นได้ว่ารูปร่างส่วนโค้งวงกลมจะมีค่าความแตกต่างของการทดลองกับการคำนวณมาก และยิ่งค่า D_1 และ D_2 มีค่าน้อยก็ยังมีส่วนโค้งเว้าลึกมากยิ่งขึ้น การหมุนวนของน้ำก็จะเกิดได้ง่าย แม้แต่ที่ค่า F^2 ไม่สูงก็เกิดความแตกต่างของการทดลองกับการคำนวณให้เห็น และความแตกต่างจะเพิ่มมากยิ่งขึ้นเมื่อ F^2 มีค่าสูงๆ ส่วนรูปร่างพาราโบลิคนั้น เมื่อค่า มีค่าต่ำรอยต่อของช่วงที่ I กับช่วงที่ II และรอยต่อของช่วงที่ II กับช่วงที่ III เรียบกว่าเมื่อค่า มีค่าสูง ฉะนั้นเมื่อค่า มีค่าต่ำจึงทำให้การหมุนวนของน้ำเกิดยากกว่า และเป็นผลให้ค่าความแตกต่างระหว่างผลการทดลองกับการคำนวณ ของรูปร่างที่มีค่า ต่ำ มีค่าน้อยกว่าของรูปร่างที่มีค่า สูง ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ถ้ารูปร่างของสิ่งกีดขวางมีความชันมากอาจทำให้เกิดผลต่างระหว่างการคำนวณกับการทดลองได้มาก ถ้ารูปร่างของสิ่งกีดขวางมีความชันเปลี่ยนไปมากก็จะเกิดผลต่างระหว่างการคำนวณกับการทดลองมากยิ่งขึ้น

และถ้ารูปร่างของสิ่งกีดขวางมีการเปลี่ยนแปลงความชันอย่างรวดเร็วและมีค่ามากก็จะต้องทำให้เกิดผลต่างระหว่างการคำนวณกับการทดลองมากยิ่งขึ้นไปอีก

เมื่อพิจารณาที่ค่า F^2 ต่ำแล้วค่าความสูงวิกฤตจะมีค่าใกล้เคียงกันไม่ว่ารูปร่างสิ่งกีดขวางจะเป็นเช่นใดจึงกล่าวได้ว่าที่ F^2 ต่ำแล้วผลของรูปร่างต่อค่าความสูงวิกฤต มีน้อยมาก

จากการพิจารณาผลการทดลองและผลการคำนวณที่ได้กล่าวมานั้นเราสามารถสรุปได้ดังนี้

- ที่ F^2 ต่ำ นั่นคืออัตราการไหลต่ำ ($F^2 < 0.06$) ผลของรูปร่างต่างต่อค่าความสูงวิกฤตมีค่าน้อย
- ที่ F^2 คงที่ค่าหนึ่ง

รูปพาราโบลาที่มีค่า α สูงจะให้ค่าความสูงวิกฤตต่ำกว่ารูปที่มีค่า α ต่ำ

รูป sinusoidal แบบ 1 ลูกคลื่นจะให้ค่าความสูงวิกฤตต่ำกว่า แบบ 2 ลูกคลื่น

รูปส่วนโค้งวงกลม ยังไม่สามารถสรุปได้แน่นอนเนื่องจากค่าความสูงวิกฤตนี้ขึ้นกับลักษณะรูปร่างที่จะก่อให้เกิดการหมุนวนของน้ำด้วย

สรุปรูปร่างที่มีอิทธิพลทำให้ค่าความสูงวิกฤตมีค่าเปลี่ยนไป

- ความกว้างของสิ่งกีดขวาง ถ้ากว้างมากค่าความสูงวิกฤตก็จะสูงขึ้น
- ลักษณะผิวที่เป็นส่วนเว้า ถ้ามีลักษณะที่ก่อให้เกิดการหมุนวนของน้ำได้มากก็จะทำให้ค่าความสูงวิกฤตสูงขึ้น
- รอยต่อระหว่างช่วงที่ I กับช่วง II และช่วงที่ II กับช่วงที่ III ถ้ามีลักษณะหักมุมมากก็จะทำให้ค่าความสูงวิกฤตสูงขึ้น
- รูปร่างด้านหลังของสิ่งกีดขวาง ($x > 0$) จะมีผลต่อค่าความสูงวิกฤตมากกว่ารูปร่างด้านหน้า
- ความแตกต่างของผลการคำนวณกับ ผลการทดลองขึ้นกับลักษณะรูปร่างของสิ่งกีดขวางดังต่อไปนี้
 - รูปร่างที่มีค่าความชันของผิวมาก จะทำให้เกิดความแตกต่างสูง
 - รูปร่างที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าความชันของผิวอย่างรวดเร็วและมีค่าสูง จะทำให้เกิดความแตกต่างสูง
 - รอยต่อระหว่างช่วงที่ I กับช่วง II และช่วงที่ II กับช่วงที่ III ถ้ามีลักษณะหักมุมมาก จะทำให้เกิดความแตกต่างสูง

นอกจากอิทธิพลของรูปร่างแล้ว ค่า F^2 ซึ่งเป็นปริมาณที่เกี่ยวข้องกับความเร็วของการไหลก็เป็นค่า

ที่มีผลต่อความแตกต่างของผลการคำนวณ กับผลการทดลองอย่างมาก ยิ่งค่า F^2 มีค่ามากความแตกต่างก็จะปรากฏให้เห็นมากขึ้น เหตุที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากที่ความเร็วของการไหลสูงโอกาสที่จะเกิดการไหลวนเนื่องจากหน้าไม่สามารถจะเปลี่ยนทิศทางตามลักษณะของสิ่งกีดขวางและพื้นล่างย่อมมีมากขึ้น ทำให้ลักษณะทางเรขาคณิตของสิ่งกีดขวางในทางปฏิบัติเปลี่ยนแปลงไป

ตารางที่ 1 ผลการทดลองของมานอมิเตอร์ชุดที่ 1

พื้นที่หน้าตัดของถัง 0.12 ตารางเมตร
 time1, 2, 3 เวลาที่ใช้ในการรอน้ำเข้าสู่ถัง
 h1, 2, 3 ความสูงของน้ำในถัง ที่ได้จากการรอน้ำ

ความแตกต่าง ของน้ำ(d)	time1	h1	time2	h2	time3	h3	Q เฉลี่ย
mm.	sec	mm.	sec	mm.	sec	mm.	m ³ /min
4.0	39.95	145.0	46.43	146.0	53.80	168.0	0.0235
7.0	35.12	190.0	30.09	162.0	32.92	176.0	0.0386
14.5	19.95	165.0	25.09	207.0	20.02	164.0	0.0591
18.5	14.99	139.0	19.94	185.0	17.89	167.0	0.0666
26.0	14.67	168.0	17.59	200.0	16.12	184.0	0.0818
34.0	12.14	159.5	14.80	193.0	12.39	161.0	0.0936
43.0	10.02	146.0	13.99	202.0	12.06	175.0	0.1040
63.0	9.18	161.0	11.41	198.0	10.19	178.0	0.1251

สมการที่ได้จากการ regression $Q = ax^m$; $a = 0.011$; $m = 0.593$

โดยมีค่า coeff. of determination = 0.9886

coeff. of correlation = 0.9943

ตารางที่ 2 ผลการทดลองของมานอมิเตอร์ชุดที่ 2

พื้นที่หน้าตัดของถัง 0.12 ตารางเมตร
 time_{1, 2, 3} เวลาที่ใช้ในการรอน้ำเข้าสู่ถัง
 h_{1, 2, 3} ความสูงของน้ำในถัง ที่ได้จากการรอน้ำ

ความแตกต่าง ของปรอท(d)	time ₁	h ₁	time ₂	h ₂	time ₃	h ₃	Q เฉลี่ย
mm.	sec	mm.	sec	mm.	sec	mm.	m ³ /min
7.5	7.94	137.0	8.10	140.0	13.04	219.0	0.1223
20.0	4.34	158.0	4.68	171.0	3.49	135.0	0.2659
34.0	4.25	195.0	3.04	142.0	5.00	220.0	0.3249
44.0	3.35	180.0	2.70	142.0	3.76	197.0	0.3793
68.0	2.86	178.0	2.13	136.0	2.62	171.0	0.4570
83.0	2.84	197.0	3.11	218.0	3.39	242.0	0.5043
98.0	1.69	130.0	2.67	181.0	2.09	163.0	0.5269
115.0	1.93	158.0	2.07	177.0	2.33	196.0	0.6015

สมการที่ได้จากการ regression $Q = ax^m$; $a = 0.063$; $m = 0.461$

โดยมีค่า coeff. of determination = 0.9936

coeff. of correlation = 0.9968

ตารางที่ 3 ผลการคำนวณหาความสูงวิกฤตของรูปร่าง P0404, P0416, P1604, O1616, P5050, P9898

F ²	P0404		P0416		P1604		P1616		P5050		P9898	
	\hat{h}_o	\hat{h}_t	\hat{h}_o	\hat{h}_t	\hat{h}_o	\hat{h}_t	\hat{h}_o	\hat{h}_t	\hat{h}_o	\hat{h}_t	\hat{h}_o	\hat{h}_t
0.300	4.943	2.321	4.537	2.130	4.639	2.178	4.124	1.936	3.686	1.730	3.561	1.672
0.290	4.822	2.219	4.432	2.039	4.538	2.088	4.040	1.859	3.616	1.664	3.491	1.606
0.280	4.700	2.118	4.327	1.950	4.438	2.000	3.957	1.783	3.547	1.599	3.424	1.543
0.270	4.579	2.020	4.222	1.862	4.337	1.913	3.875	1.709	3.479	1.535	3.357	1.481
0.260	4.458	1.923	4.116	1.776	4.236	1.827	3.793	1.636	3.413	1.472	3.292	1.420
0.250	4.336	1.828	4.011	1.691	4.135	1.743	3.711	1.564	3.347	1.411	3.229	1.361
0.240	4.215	1.735	3.906	1.607	4.034	1.660	3.629	1.494	3.282	1.351	3.167	1.303
0.230	4.093	1.643	3.800	1.526	3.932	1.579	3.547	1.424	3.218	1.292	3.105	1.247
0.220	3.972	1.554	3.694	1.445	3.829	1.498	3.464	1.355	3.154	1.234	3.045	1.191
0.210	3.851	1.466	3.588	1.366	3.725	1.418	3.381	1.287	3.090	1.176	2.985	1.137
0.200	3.731	1.381	3.483	1.289	3.620	1.340	3.296	1.220	3.026	1.120	2.926	1.083
0.190	3.613	1.298	3.378	1.214	3.513	1.262	3.211	1.154	2.962	1.064	2.867	1.030
0.180	3.498	1.219	3.275	1.141	3.405	1.186	3.123	1.088	2.897	1.009	2.808	0.978
0.170	3.388	1.142	3.176	1.071	3.294	1.111	3.034	1.023	2.832	0.955	2.750	0.927
0.160	3.283	1.069	3.081	1.003	3.182	1.036	2.942	0.958	2.766	0.901	2.691	0.876
0.150	3.184	1.000	2.991	0.939	3.068	0.963	2.848	0.894	2.698	0.847	2.632	0.826
0.140	3.093	0.934	2.908	0.878	2.953	0.892	2.752	0.831	2.629	0.794	2.572	0.776
0.130	3.006	0.870	2.832	0.820	2.838	0.822	2.653	0.768	2.557	0.740	2.511	0.727
0.120	2.921	0.808	2.761	0.764	2.724	0.754	2.552	0.706	2.482	0.687	2.448	0.678
0.110	2.833	0.747	2.691	0.709	2.613	0.689	2.452	0.646	2.403	0.633	2.383	0.628
0.100	2.735	0.684	2.616	0.654	2.510	0.627	2.353	0.588	2.319	0.580	2.315	0.579
0.090	2.620	0.618	2.527	0.596	2.419	0.570	2.261	0.533	2.229	0.526	2.242	0.529
0.080	2.484	0.549	2.416	0.534	2.344	0.518	2.183	0.482	2.132	0.471	2.164	0.478
0.070	2.328	0.478	2.277	0.468	2.278	0.468	2.122	0.436	2.026	0.416	2.078	0.427
0.060	2.180	0.412	2.130	0.402	2.204	0.416	2.072	0.391	1.910	0.361	1.982	0.374
0.050	2.084	0.357	2.034	0.348	2.106	0.360	2.014	0.345	1.789	0.306	1.869	0.320
0.040	1.958	0.297	1.933	0.293	1.970	0.299	1.919	0.291	1.684	0.256	1.736	0.263
0.030	1.802	0.235	1.775	0.231	1.786	0.233	1.758	0.229	1.637	0.213	1.579	0.206
0.020	1.644	0.173	1.628	0.171	1.658	0.174	1.624	0.171	1.593	0.167	1.458	0.153
0.010	1.464	0.107	1.455	0.107	1.470	0.108	1.455	0.107	1.398	0.102	1.417	0.104

ตารางที่ 4 ผลการคำนวณหาความสูงวิกฤตของรูปร่าง SN001, SN002

F ²	SN001		SN002	
	\hat{h}_o	\hat{h}_t	\hat{h}_o	\hat{h}_t
0.300	3.313	1.555	4.558	2.140
0.290	3.250	1.495	4.449	2.047
0.280	3.188	1.437	4.344	1.958
0.270	3.128	1.380	4.239	1.870
0.260	3.069	1.324	4.137	1.785
0.250	3.011	1.269	4.036	1.701
0.240	2.955	1.216	3.937	1.620
0.230	2.899	1.164	3.838	1.541
0.220	2.845	1.113	3.740	1.463
0.210	2.791	1.063	3.642	1.387
0.200	2.738	1.013	3.544	1.312
0.190	2.685	0.965	3.445	1.238
0.180	2.633	0.917	3.345	1.165
0.170	2.581	0.870	3.243	1.093
0.160	2.529	0.824	3.139	1.022
0.150	2.477	0.777	3.032	0.952
0.140	2.424	0.732	2.923	0.882
0.130	2.371	0.686	2.810	0.813
0.120	2.317	0.641	2.692	0.745
0.110	2.261	0.596	2.572	0.678
0.100	2.203	0.551	2.447	0.612
0.090	2.142	0.505	2.319	0.547
0.080	2.076	0.459	2.190	0.484
0.070	2.005	0.412	2.068	0.425
0.060	1.925	0.364	1.954	0.369
0.050	1.832	0.313	1.844	0.316
0.040	1.722	0.261	1.726	0.262
0.030	1.589	0.207	1.632	0.212
0.020	1.499	0.158	1.465	0.154
0.010	1.347	0.099	1.357	0.099

ตารางที่ 5 ผลการคำนวณหาความสูงวิกฤตของรูปร่าง C0202, C0808, C0832, C3208, C3232

F ²	C0202		C0808		C0832		C3208		C3232	
	\hat{h}_o	\hat{h}_t	\hat{h}_o	\hat{h}_t	\hat{h}_o	\hat{h}_t	\hat{h}_o	\hat{h}_t	\hat{h}_o	\hat{h}_t
0.300	3.350	1.573	3.402	1.597	3.731	1.752	3.297	1.548	3.958	1.858
0.290	3.288	1.513	3.337	1.535	3.655	1.682	3.245	1.493	3.864	1.778
0.280	3.227	1.454	3.272	1.475	3.579	1.613	3.191	1.438	3.770	1.699
0.270	3.167	1.397	3.208	1.415	3.504	1.545	3.137	1.384	3.678	1.622
0.260	3.107	1.340	3.145	1.356	3.429	1.479	3.082	1.329	3.587	1.547
0.250	3.049	1.285	3.081	1.299	3.354	1.414	3.026	1.276	3.497	1.474
0.240	2.991	1.231	3.018	1.242	3.280	1.350	2.971	1.223	3.409	1.403
0.230	2.933	1.178	2.955	1.186	3.206	1.287	2.915	1.170	3.322	1.333
0.220	2.876	1.125	2.893	1.132	3.131	1.225	2.858	1.118	3.236	1.266
0.210	2.819	1.073	2.830	1.077	3.057	1.164	2.802	1.067	3.152	1.200
0.200	2.762	1.022	2.766	1.024	2.982	1.104	2.747	1.017	3.070	1.136
0.190	2.705	0.972	2.703	0.971	2.906	1.044	2.691	0.967	2.989	1.074
0.180	2.648	0.922	2.639	0.919	2.830	0.986	2.636	0.918	2.911	1.014
0.170	2.590	0.873	2.574	0.868	2.754	0.928	2.582	0.870	2.834	0.956
0.160	2.531	0.824	2.508	0.817	2.677	0.872	2.527	0.823	2.759	0.898
0.150	2.471	0.776	2.443	0.767	2.599	0.816	2.473	0.776	2.684	0.843
0.140	2.410	0.728	2.376	0.717	2.521	0.761	2.416	0.729	2.609	0.788
0.130	2.347	0.680	2.310	0.669	2.443	0.707	2.358	0.683	2.533	0.733
0.120	2.283	0.632	2.243	0.621	2.365	0.655	2.297	0.636	2.455	0.679
0.110	2.216	0.584	2.178	0.574	2.288	0.603	2.233	0.589	2.374	0.626
0.100	2.146	0.537	2.113	0.528	2.212	0.553	2.166	0.541	2.290	0.573
0.090	2.219	0.523	2.051	0.484	2.139	0.504	2.098	0.495	2.207	0.520
0.080	2.145	0.474	1.989	0.440	2.067	0.457	2.032	0.449	2.126	0.470
0.070	2.064	0.424	1.927	0.396	1.995	0.410	1.965	0.404	2.044	0.420
0.060	1.977	0.373	1.862	0.352	1.919	0.362	1.890	0.357	1.956	0.369
0.050	1.879	0.322	1.788	0.306	1.834	0.314	1.811	0.310	1.864	0.319
0.040	1.773	0.269	1.702	0.258	1.739	0.264	1.728	0.262	1.769	0.269
0.030	1.660	0.216	1.616	0.210	1.642	0.214	1.636	0.213	1.666	0.217
0.020	1.539	0.162	1.512	0.159	1.530	0.161	1.529	0.161	1.548	0.163
0.010	1.368	0.100	1.383	0.101	1.391	0.102	1.394	0.102	1.403	0.103

P0404

obstacle height 21.50 mm

 $h_f = 19.50$ mm $h_r = 107.40$ mm

d mm	h_b mm	h_t mm	h_o mm	h_3 mm	Q m ³ /min	F ²	\hat{h}_o	\hat{h}_3
2.5	15.2	111.8	34.7	4.4	0.019	0.01	1.69	0.21
6.0	19.1	113.2	38.6	5.8	0.032	0.02	1.88	0.28
10.5	22.3	114.5	41.8	7.1	0.044	0.03	2.04	0.35
17.0	25.3	116.1	44.8	8.7	0.059	0.05	2.19	0.42
24.0	28.0	117.6	47.5	10.2	0.072	0.06	2.32	0.50
32.0	30.5	118.8	50.0	11.4	0.086	0.07	2.44	0.56
47.5	34.2	120.9	53.7	13.5	0.109	0.09	2.62	0.66
56.0	36.0	122.0	55.5	14.6	0.120	0.10	2.71	0.71

ตารางที่ 6.1 ผลการทดลองรูปร่าง P0404 ที่อัตราการไหลต่ำ

d mm	h_b mm	h_t mm	h_o mm	h_3 mm	Q m ³ /min	F ²	\hat{h}_o	\hat{h}_3
4.0	37.0	122.6	56.5	15.2	0.121	0.10	2.76	0.74
8.0	45.3	127.8	64.8	20.4	0.167	0.13	3.16	1.00
17.5	53.9	133.3	73.4	25.9	0.240	0.18	3.58	1.26
22.5	58.5	136.8	78.0	29.4	0.270	0.19	3.80	1.43
30.0	63.0	140.1	82.5	32.7	0.308	0.21	4.02	1.60
36.5	65.8	142.7	85.3	35.3	0.337	0.22	4.16	1.72
42.0	68.4	144.9	87.9	37.5	0.360	0.23	4.29	1.83
46.5	70.3	146.0	89.8	38.6	0.377	0.24	4.38	1.88
53.0	73.1	148.0	92.6	40.6	0.401	0.25	4.52	1.98
60.5	77.8	151.0	97.3	43.6	0.426	0.24	4.75	2.13

ตารางที่ 6.2 ผลการทดลองรูปร่าง P0404 ที่อัตราการไหลสูง

P0416



obstacle height 21.50 mm

 $h_f = 19.50$ mm $h_r = 107.40$ mm

d mm	h _b mm	h _t mm	h _o mm	h ₃ mm	Q m ³ /min	F ²	\hat{h}_o	\hat{h}_3
3.0	15.3	111.9	34.8	4.5	0.021	0.01	1.70	0.22
5.0	18.0	113.1	37.5	5.7	0.029	0.02	1.83	0.28
9.0	21.6	114.8	41.1	7.4	0.040	0.03	2.00	0.36
15.0	24.8	116.5	44.3	9.1	0.055	0.04	2.16	0.44
23.0	27.9	117.8	47.4	10.4	0.071	0.06	2.31	0.51
30.0	29.3	118.8	48.8	11.4	0.083	0.07	2.38	0.56
40.0	32.0	120.4	51.5	13.0	0.098	0.09	2.51	0.63
49.0	34.2	121.9	53.7	14.5	0.111	0.10	2.62	0.71
63.0	37.0	123.6	56.5	16.2	0.128	0.11	2.76	0.79

ตารางที่ 7.1 ผลการทดลองรูปร่าง P0416 ที่อัตราการไหลต่ำ

d mm	h _b mm	h _t mm	h _o mm	h ₃ mm	Q m ³ /min	F ²	\hat{h}_o	\hat{h}_3
5.5	36.1	123.3	55.6	15.9	0.141	0.14	2.70	0.77
12.5	46.6	130.2	66.1	22.8	0.206	0.18	3.21	1.11
19.3	53.2	135.2	72.7	27.8	0.251	0.20	3.53	1.35
28.5	58.5	139.9	78.0	32.5	0.301	0.23	3.79	1.58
34.5	62.0	142.4	81.5	35.0	0.329	0.24	3.96	1.70
43.0	66.0	146.0	85.5	38.6	0.364	0.26	4.15	1.87
51.5	70.0	149.0	89.5	41.6	0.395	0.27	4.34	2.02
58.0	71.5	150.8	91.0	43.4	0.418	0.28	4.42	2.11

ตารางที่ 7.2 ผลการทดลองรูปร่าง P0416 ที่อัตราการไหลสูง

P1604

obstacle height 21.50 mm

 $h_f = 19.50$ mm $h_r = 107.40$ mm

d	h _b	h _t	h _o	h ₃	Q	F ²	\hat{h}_o	\hat{h}_3
mm	mm	mm	mm	mm	m ³ /min			
5.0	17.0	112.0	36.5	4.6	0.029	0.02	1.78	0.22
9.0	20.0	113.7	39.5	6.3	0.040	0.03	1.93	0.31
14.0	24.0	115.2	43.5	7.8	0.053	0.04	2.12	0.38
22.0	27.3	117.0	46.8	9.6	0.069	0.06	2.28	0.47
31.0	30.3	118.9	49.8	11.5	0.084	0.07	2.43	0.56
40.0	33.0	120.0	52.5	12.6	0.098	0.08	2.56	0.61
51.5	35.1	121.7	54.6	14.3	0.114	0.10	2.66	0.70
60.0	37.0	122.9	56.5	15.5	0.125	0.11	2.76	0.76

ตารางที่ 8.1 ผลการทดลองรูปร่าง P1604 ที่อัตราการไหลต่ำ

d	h _b	h _t	h _o	h ₃	Q	F ²	\hat{h}_o	\hat{h}_3
mm	mm	mm	mm	mm	m ³ /min			
4.5	35.2	121.8	54.7	14.4	0.128	0.12	2.67	0.70
8.0	43.1	126.9	62.6	19.5	0.167	0.14	3.05	0.95
16.0	52.0	132.9	71.5	25.5	0.230	0.18	3.49	1.24
25.0	58.0	137.8	77.5	30.4	0.283	0.21	3.78	1.48
33.5	63.0	141.8	82.5	34.4	0.324	0.23	4.02	1.68
39.0	65.1	143.9	84.6	36.5	0.348	0.24	4.13	1.78
44.0	67.3	146.0	86.8	38.6	0.368	0.25	4.23	1.88
51.0	70.3	148.5	89.8	41.1	0.394	0.26	4.38	2.00
58.0	72.5	150.9	92.0	43.5	0.418	0.27	4.49	2.12

ตารางที่ 8.2 ผลการทดลองรูปร่าง P1604 ที่อัตราการไหลสูง

P1616

obstacle height 21.50 mm

 $h_f = 19.50$ mm $h_r = 107.40$ mm

d	h_b	h_t	h_o	h_s	Q	F^2	\hat{h}_o	\hat{h}_s
mm	mm	mm	mm	mm	m ³ /min			
2.0	17.0	111.7	36.5	4.3	0.017	0.01	1.55	0.18
6.5	22.7	114.0	42.2	6.6	0.033	0.02	1.80	0.28
12.0	26.0	115.8	45.5	8.4	0.048	0.03	1.94	0.36
19.5	29.2	117.0	48.7	9.6	0.064	0.04	2.07	0.41
28.0	32.0	118.6	51.5	11.2	0.079	0.06	2.19	0.48
35.5	34.1	119.8	53.6	12.4	0.091	0.07	2.28	0.53
46.0	36.2	120.9	55.7	13.5	0.107	0.08	2.37	0.57
59.0	38.4	122.5	57.9	15.1	0.123	0.10	2.46	0.64

ตารางที่ 9.1 ผลการทดลองรูปร่าง P1616 ที่อัตราการไหลต่ำ

d	h_b	h_t	h_o	h_s	Q	F^2	\hat{h}_o	\hat{h}_s
mm	mm	mm	mm	mm	m ³ /min			
3.0	32.0	119.5	51.5	12.1	0.106	0.10	2.24	0.53
4.5	36.3	122.0	55.8	14.6	0.128	0.12	2.43	0.63
7.5	43.1	127.0	62.6	19.6	0.162	0.13	2.72	0.85
12.5	48.0	130.0	67.5	22.6	0.206	0.17	2.93	0.98
18.5	54.0	135.0	73.5	27.6	0.246	0.19	3.20	1.20
26.5	58.0	137.9	77.5	30.5	0.291	0.22	3.37	1.33
38.5	64.7	143.9	84.2	36.5	0.346	0.25	3.66	1.59
48.0	68.2	147.2	87.7	39.8	0.383	0.27	3.81	1.73
61.5	73.0	151.9	92.5	44.5	0.429	0.29	4.02	1.93
76.5	77.5	155.9	97.0	48.5	0.475	0.30	4.22	2.11
94.5	82.0	160.0	101.5	52.6	0.523	0.32	4.41	2.29

ตารางที่ 9.2 ผลการทดลองรูปร่าง P1616 ที่อัตราการไหลสูง

P5050

obstacle height 21.50 mm

 $h_f = 19.50$ mm $h_r = 107.40$ mm

d	h _b	h _t	h _o	h ₃	Q	F ²	\hat{h}_o	\hat{h}_3
mm	mm	mm	mm	mm	m ³ /min			
4.0	16.0	112.8	35.5	5.4	0.025	0.02	1.71	0.26
8.0	18.9	114.8	38.4	7.4	0.038	0.03	1.86	0.36
15.5	22.0	116.8	41.5	9.4	0.056	0.05	2.00	0.45
19.0	24.0	117.9	43.5	10.5	0.063	0.06	2.10	0.51
27.0	26.0	119.8	45.5	12.4	0.078	0.08	2.20	0.60
36.0	28.1	121.0	47.6	13.6	0.092	0.10	2.30	0.66
45.0	30.0	122.4	49.5	15.0	0.105	0.11	2.39	0.72
54.0	31.2	123.4	50.7	16.0	0.117	0.13	2.45	0.77
61.0	32.2	124.0	51.7	16.6	0.126	0.14	2.50	0.80

ตารางที่ 10.1 ผลการทดลองรูปร่าง P5050 ที่อัตราการไหลต่ำ

d	h _b	h _t	h _o	h ₃	Q	F ²	\hat{h}_o	\hat{h}_3
mm	mm	mm	mm	mm	m ³ /min			
6.0	36.0	126.4	55.5	19.0	0.146	0.15	2.68	0.92
12.0	44.0	131.8	63.5	24.4	0.202	0.19	3.07	1.18
17.5	49.8	136.0	69.3	28.6	0.240	0.21	3.35	1.38
23.5	53.5	138.8	73.0	31.4	0.275	0.24	3.53	1.52
31.5	58.3	143.0	77.8	35.6	0.315	0.26	3.76	1.72
39.0	62.0	145.6	81.5	38.2	0.348	0.27	3.94	1.85
48.5	66.1	149.0	85.6	41.6	0.385	0.29	4.14	2.01
58.5	70.1	152.0	89.6	44.6	0.419	0.30	4.33	2.15

ตารางที่ 10.2 ผลการทดลองรูปร่าง P5050 ที่อัตราการไหลสูง

P9898

obstacle height 21.50 mm

 $h_f = 19.50$ mm $h_r = 107.40$ mm

d	h_b	h_t	h_o	h_3	Q	F^2	\hat{h}_o	\hat{h}_3
mm	mm	mm	mm	mm	m^3/min			
3.5	14.2	112.8	33.7	5.4	0.023	0.02	1.63	0.26
6.0	16.2	114.5	35.7	7.1	0.032	0.03	1.72	0.34
10.0	18.2	115.3	37.7	7.9	0.043	0.04	1.82	0.38
16.0	21.5	117.8	41.0	10.4	0.057	0.06	1.98	0.50
22.0	24.3	119.5	43.8	12.1	0.069	0.07	2.12	0.58
33.0	27.1	120.9	46.6	13.5	0.087	0.09	2.25	0.65
42.5	29.3	122.0	48.8	14.6	0.102	0.11	2.36	0.71
50.0	31.1	123.4	50.6	16.0	0.112	0.12	2.44	0.77
59.0	32.4	124.0	51.9	16.6	0.123	0.13	2.51	0.80

ตารางที่ 11.1 ผลการทดลองรูปร่าง P9898 ที่อัตราการไหลต่ำ

d	h_b	h_t	h_o	h_3	Q	F^2	\hat{h}_o	\hat{h}_3
mm	mm	mm	mm	mm	m^3/min			
4.5	37.1	126.7	56.6	19.3	0.128	0.11	2.73	0.93
9.5	43.0	130.8	62.5	23.4	0.181	0.16	3.02	1.13
18.0	50.2	135.9	69.7	28.5	0.243	0.21	3.37	1.38
26.5	57.1	140.2	76.6	32.8	0.291	0.23	3.70	1.58
33.5	60.8	143.2	80.3	35.8	0.324	0.25	3.88	1.73
43.5	65.0	146.8	84.5	39.4	0.366	0.27	4.08	1.90
49.5	67.1	148.7	86.6	41.3	0.388	0.28	4.18	2.00
58.0	70.1	151.8	89.6	44.4	0.418	0.30	4.33	2.14

ตารางที่ 11.2 ผลการทดลองรูปร่าง P9898 ที่อัตราการไหลสูง

SN001

obstacle height 21.50 mm

 $h_f = 19.50$ mm $h_r = 107.40$ mm

d	h_b	h_t	h_o	h_s	Q	F^2	\hat{h}_o	\hat{h}_s
mm	mm	mm	mm	mm	m ³ /min			
2.5	16.0	111.9	35.5	4.5	0.019	0.01	1.65	0.21
5.0	18.3	113.0	37.8	5.6	0.029	0.02	1.76	0.26
10.0	22.0	115.0	41.5	7.6	0.043	0.03	1.93	0.35
15.0	24.2	116.2	43.7	8.8	0.055	0.04	2.03	0.41
22.0	27.3	117.8	46.8	10.4	0.069	0.06	2.18	0.48
29.0	29.1	118.9	48.6	11.5	0.081	0.07	2.26	0.53
39.0	31.3	120.7	50.8	13.3	0.097	0.09	2.36	0.62
49.0	33.5	121.8	53.0	14.4	0.111	0.10	2.47	0.67
62.0	35.2	123.2	54.7	15.8	0.127	0.12	2.54	0.73

ตารางที่ 12.1 ผลการทดลองรูปร่าง SN001 ที่อัตราการไหลต่ำ

d	h_b	h_t	h_o	h_s	Q	F^2	\hat{h}_o	\hat{h}_s
mm	mm	mm	mm	mm	m ³ /min			
5.0	33.1	123.4	52.6	16.0	0.135	0.15	2.60	0.79
12.0	43.8	131.5	63.3	24.1	0.202	0.20	3.13	1.19
16.5	47.1	134.1	66.6	26.7	0.234	0.23	3.30	1.32
21.0	51.0	137.8	70.5	30.4	0.261	0.24	3.49	1.50
27.5	54.2	140.6	73.7	33.2	0.296	0.27	3.65	1.64
32.0	56.9	142.8	76.4	35.4	0.317	0.28	3.78	1.75
40.5	60.3	146.6	79.8	39.2	0.354	0.30	3.95	1.94
45.5	63.3	148.7	82.8	41.3	0.373	0.30	4.10	2.04
51.5	65.1	150.0	84.6	42.6	0.395	0.32	4.19	2.11
61.0	68.0	153.6	87.5	46.2	0.428	0.33	4.33	2.29

ตารางที่ 12.2 ผลการทดลองรูปร่าง SN001 ที่อัตราการไหลสูง

SN002

obstacle height 21.50 mm

 $h_f = 19.50$ mm $h_r = 107.40$ mm

d	h _b	h _t	h _o	h _s	Q	F ²	\hat{h}_o	\hat{h}_s
mm	mm	mm	mm	mm	m ³ /min			
3.0	16.9	110.8	36.4	3.4	0.021	0.01	1.69	0.16
6.0	20.2	112.5	39.7	5.1	0.032	0.02	1.85	0.24
10.0	23.3	113.8	42.8	6.4	0.043	0.03	1.99	0.30
17.0	27.0	115.6	46.5	8.2	0.059	0.04	2.16	0.38
24.0	29.7	117.0	49.2	9.6	0.072	0.05	2.29	0.45
34.0	32.9	119.0	52.4	11.6	0.089	0.07	2.44	0.54
43.0	35.1	120.8	54.6	13.4	0.102	0.08	2.54	0.62
53.0	36.8	121.2	56.3	13.8	0.116	0.09	2.62	0.64
71.0	39.2	122.9	58.7	15.5	0.138	0.12	2.73	0.72

ตารางที่ 13.1 ผลการทดลองรูปร่าง SN002 ที่อัตราการไหลต่ำ

d	h _b	h _t	h _o	h _s	Q	F ²	\hat{h}_o	\hat{h}_s
mm	mm	mm	mm	mm	m ³ /min			
7.5	39.1	123.7	58.6	16.3	0.162	0.16	2.86	0.80
14.5	50.3	131.1	69.8	23.7	0.220	0.17	3.40	1.16
23.0	57.3	136.0	76.8	28.6	0.272	0.20	3.75	1.40
30.5	62.7	140.0	82.2	32.6	0.310	0.21	4.01	1.59
36.0	65.6	142.0	85.1	34.6	0.335	0.22	4.15	1.69
42.5	69.0	144.5	88.5	37.1	0.362	0.23	4.32	1.81
48.5	71.2	146.7	90.7	39.3	0.385	0.24	4.42	1.92
55.0	74.0	148.3	93.5	40.9	0.408	0.25	4.56	2.00
58.5	76.0	150.0	95.5	42.6	0.419	0.25	4.66	2.08

ตารางที่ 13.2 ผลการทดลองรูปร่าง SN002 ที่อัตราการไหลสูง

C0202

obstacle height 21.50 mm

 $h_f = 19.50$ mm $h_r = 107.40$ mm

d	h _b	h _t	h _o	h ₃	Q	F ²	\hat{h}_o	\hat{h}_3
mm	mm	mm	mm	mm	m ³ /min			
2.0	13.2	111.8	32.7	4.4	0.017	0.01	1.52	0.20
4.5	16.2	114.0	35.7	6.6	0.027	0.02	1.66	0.31
9.0	18.9	115.2	38.4	7.8	0.040	0.04	1.79	0.36
14.0	21.4	116.8	40.9	9.4	0.053	0.05	1.90	0.44
23.0	25.0	118.5	44.5	11.1	0.071	0.07	2.07	0.52
30.0	27.1	120.0	46.6	12.6	0.083	0.08	2.17	0.59
41.0	29.9	121.0	49.4	13.6	0.099	0.10	2.30	0.63
55.0	32.8	123.0	52.3	15.6	0.118	0.12	2.43	0.73

ตารางที่ 14.1 ผลการทดลองรูปร่าง C0202 ที่อัตราการไหลต่ำ

d	h _b	h _t	h _o	h ₃	Q	F ²	\hat{h}_o	\hat{h}_3
mm	mm	mm	mm	mm	m ³ /min			
4.0	34.0	124.1	53.5	16.7	0.121	0.12	2.49	0.78
7.5	41.3	128.8	60.8	21.4	0.162	0.14	2.83	1.00
14.0	49.1	133.8	68.6	26.4	0.217	0.18	3.19	1.23
22.5	55.0	137.3	74.5	29.9	0.270	0.22	3.47	1.39
29.5	60.4	141.2	79.9	33.8	0.306	0.22	3.72	1.57
37.0	63.5	144.0	83.0	36.6	0.339	0.25	3.86	1.70
42.0	67.0	146.2	86.5	38.8	0.360	0.25	4.02	1.80
48.5	69.9	148.2	89.4	40.8	0.385	0.25	4.16	1.90
54.5	72.0	150.5	91.5	43.1	0.406	0.26	4.26	2.00
58.0	73.9	151.5	93.4	44.1	0.418	0.26	4.34	2.05

ตารางที่ 14.2 ผลการทดลองรูปร่าง C0202 ที่อัตราการไหลสูง

C0808

obstacle height 21.50 mm

 $h_f = 19.50$ mm $h_r = 107.40$ mm

d mm	h_b mm	h_t mm	h_o mm	h_s mm	Q m ³ /min	F^2	\hat{h}_o	\hat{h}_s
4.0	14.0	112.0	33.5	4.6	0.025	0.02	1.63	0.22
7.0	17.5	114.0	37.0	6.6	0.035	0.03	1.80	0.32
12.5	20.2	116.2	39.7	8.8	0.049	0.05	1.94	0.43
17.0	22.0	117.5	41.5	10.1	0.059	0.06	2.02	0.49
23.0	24.3	119.5	43.8	12.1	0.071	0.07	2.14	0.59
36.0	27.1	121.0	46.6	13.6	0.092	0.10	2.27	0.66
45.5	29.1	122.6	48.6	15.2	0.106	0.12	2.37	0.74
53.0	30.3	123.5	49.8	16.1	0.116	0.13	2.43	0.79
63.0	32.9	124.9	52.4	17.5	0.128	0.14	2.56	0.85

ตารางที่ 15.1 ผลการทดลองรูปร่าง C0808 ที่อัตราการไหลต่ำ

d mm	h_b mm	h_t mm	h_o mm	h_s mm	Q m ³ /min	F^2	\hat{h}_o	\hat{h}_s
5.5	35.3	126.1	54.8	18.7	0.141	0.15	2.61	0.89
9.5	43.2	131.0	62.7	23.6	0.181	0.16	2.99	1.12
18.0	50.0	135.0	69.5	27.6	0.243	0.22	3.31	1.31
25.5	56.1	139.5	75.6	32.1	0.286	0.23	3.60	1.53
34.0	61.0	142.9	80.5	35.5	0.326	0.25	3.83	1.69
37.0	62.0	144.3	81.5	36.9	0.339	0.26	3.88	1.76
41.5	65.2	146.0	84.7	38.6	0.358	0.26	4.03	1.84
47.5	68.0	148.7	87.5	41.3	0.381	0.27	4.17	1.97
53.5	70.2	150.0	89.7	42.6	0.402	0.27	4.27	2.03
58.0	72.0	151.8	91.5	44.4	0.418	0.28	4.36	2.11

ตารางที่ 15.2 ผลการทดลองรูปร่าง C0808 ที่อัตราการไหลสูง

C0832

obstacle height 21.50 mm

 $h_f = 19.50$ mm $h_r = 107.40$ mm

d	h_b	h_t	h_o	h_3	Q	F^2	\hat{h}_o	\hat{h}_3
mm	mm	mm	mm	mm	m ³ /min			
2.5	15.1	112.0	34.6	4.6	0.019	0.01	1.69	0.22
8.0	19.2	114.0	38.7	6.6	0.038	0.03	1.89	0.32
12.0	22.0	115.9	41.5	8.5	0.048	0.04	2.02	0.41
17.5	24.0	116.9	43.5	9.5	0.060	0.05	2.12	0.46
25.0	26.1	118.8	45.6	11.4	0.074	0.07	2.22	0.56
32.0	28.1	120.0	47.6	12.6	0.086	0.08	2.32	0.61
42.0	30.1	121.2	49.6	13.8	0.101	0.10	2.42	0.67
51.0	31.9	122.4	51.4	15.0	0.113	0.12	2.51	0.73
63.0	33.3	123.9	52.8	16.5	0.128	0.14	2.58	0.80

ตารางที่ 16.1 ผลการทดลองรูปร่าง C0832 ที่อัตราการไหลต่ำ

d	h_b	h_t	h_o	h_3	Q	F^2	\hat{h}_o	\hat{h}_3
mm	mm	mm	mm	mm	m ³ /min			
5.0	33.1	124.9	52.6	17.5	0.135	0.15	2.58	0.86
8.5	40.2	130.0	59.7	22.6	0.172	0.17	2.93	1.11
18.0	48.3	136.7	67.8	29.3	0.243	0.23	3.32	1.44
23.5	51.8	140.0	71.3	32.6	0.275	0.26	3.50	1.60
31.5	56.1	143.7	75.6	36.3	0.315	0.28	3.71	1.78
37.5	59.3	146.7	78.8	39.3	0.341	0.29	3.86	1.93
42.5	61.4	148.8	80.9	41.4	0.362	0.30	3.97	2.03
48.0	64.0	150.8	83.5	43.4	0.383	0.31	4.09	2.13
53.0	66.0	152.0	85.5	44.6	0.401	0.31	4.19	2.19
56.5	67.0	153.5	86.5	46.1	0.413	0.32	4.24	2.26

ตารางที่ 16.2 ผลการทดลองรูปร่าง C0832 ที่อัตราการไหลสูง

C3208

obstacle height 21.50 mm

 $h_f = 19.50$ mm $h_r = 107.40$ mm

d	h _b	h _t	h _o	h ₃	Q	F ²	\hat{h}_o	\hat{h}_3
mm	mm	mm	mm	mm	m ³ /min			
5.5	17.3	114.0	36.8	6.6	0.030	0.02	1.80	0.32
13.0	21.2	116.2	40.7	8.8	0.050	0.05	1.99	0.43
23.0	25.0	118.7	44.5	11.3	0.071	0.07	2.17	0.55
30.5	27.0	119.8	46.5	12.4	0.083	0.09	2.27	0.60
40.0	29.1	121.2	48.6	13.8	0.098	0.10	2.37	0.67
58.0	32.4	123.8	51.9	16.4	0.122	0.13	2.53	0.80

ตารางที่ 17.1 ผลการทดลองรูปร่าง C3208 ที่อัตราการไหลต่ำ

d	h _b	h _t	h _o	h ₃	Q	F ²	\hat{h}_o	\hat{h}_3
mm	mm	mm	mm	mm	m ³ /min			
4.0	33.3	124.0	52.8	16.6	0.121	0.12	2.60	0.82
7.0	40.2	128.8	59.7	21.4	0.157	0.14	2.94	1.05
15.0	47.0	133.0	66.5	25.6	0.224	0.21	3.28	1.26
23.0	54.0	138.0	73.5	30.6	0.272	0.23	3.62	1.51
30.5	59.0	141.5	78.5	34.1	0.310	0.24	3.87	1.68
36.5	62.1	143.9	81.6	36.5	0.337	0.26	4.02	1.80
42.5	65.0	146.3	84.5	38.9	0.362	0.27	4.16	1.92
48.0	67.1	148.3	86.6	40.9	0.383	0.28	4.27	2.01
53.5	69.3	150.0	88.8	42.6	0.402	0.28	4.37	2.10
58.0	71.1	151.0	90.6	43.6	0.418	0.29	4.46	2.15

ตารางที่ 17.2 ผลการทดลองรูปร่าง C3208 ที่อัตราการไหลสูง

C3232

obstacle height 21.50 mm.

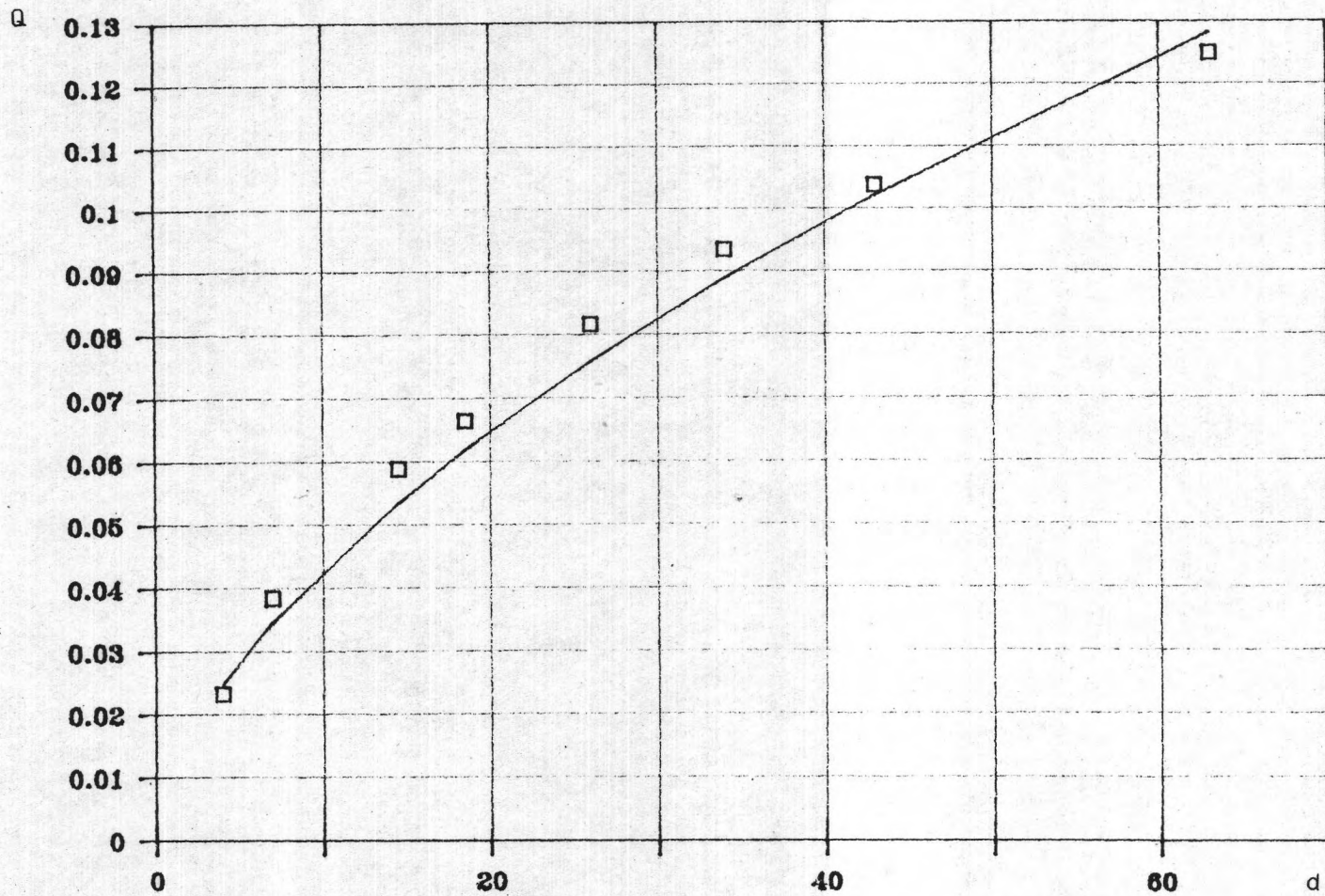
 $h_f = 19.50$ mm $h_r = 107.40$ mm

d	h _b	h _t	h _o	h ₃	Q	F ²	\hat{h}_o	\hat{h}_3
mm	mm	mm	mm	mm	m ³ /min			
3.0	14.1	111.4	33.6	4.0	0.021	0.01	1.62	0.19
8.5	19.8	114.4	39.3	7.0	0.039	0.03	1.89	0.34
12.0	22.0	115.7	41.5	8.3	0.048	0.04	2.00	0.40
19.0	25.0	117.4	44.5	10.0	0.063	0.06	2.14	0.48
27.0	27.0	118.8	46.5	11.4	0.078	0.07	2.24	0.55
36.0	29.2	120.0	48.7	12.6	0.092	0.09	2.34	0.61
47.0	31.9	121.8	51.4	14.4	0.108	0.11	2.47	0.69
54.0	33.1	123.0	52.6	15.6	0.117	0.12	2.53	0.75
62.0	34.1	123.5	53.6	16.1	0.127	0.13	2.58	0.77

ตารางที่ 18.1 ผลการทดลองรูปร่าง C3232 ที่อัตราการไหลต่ำ

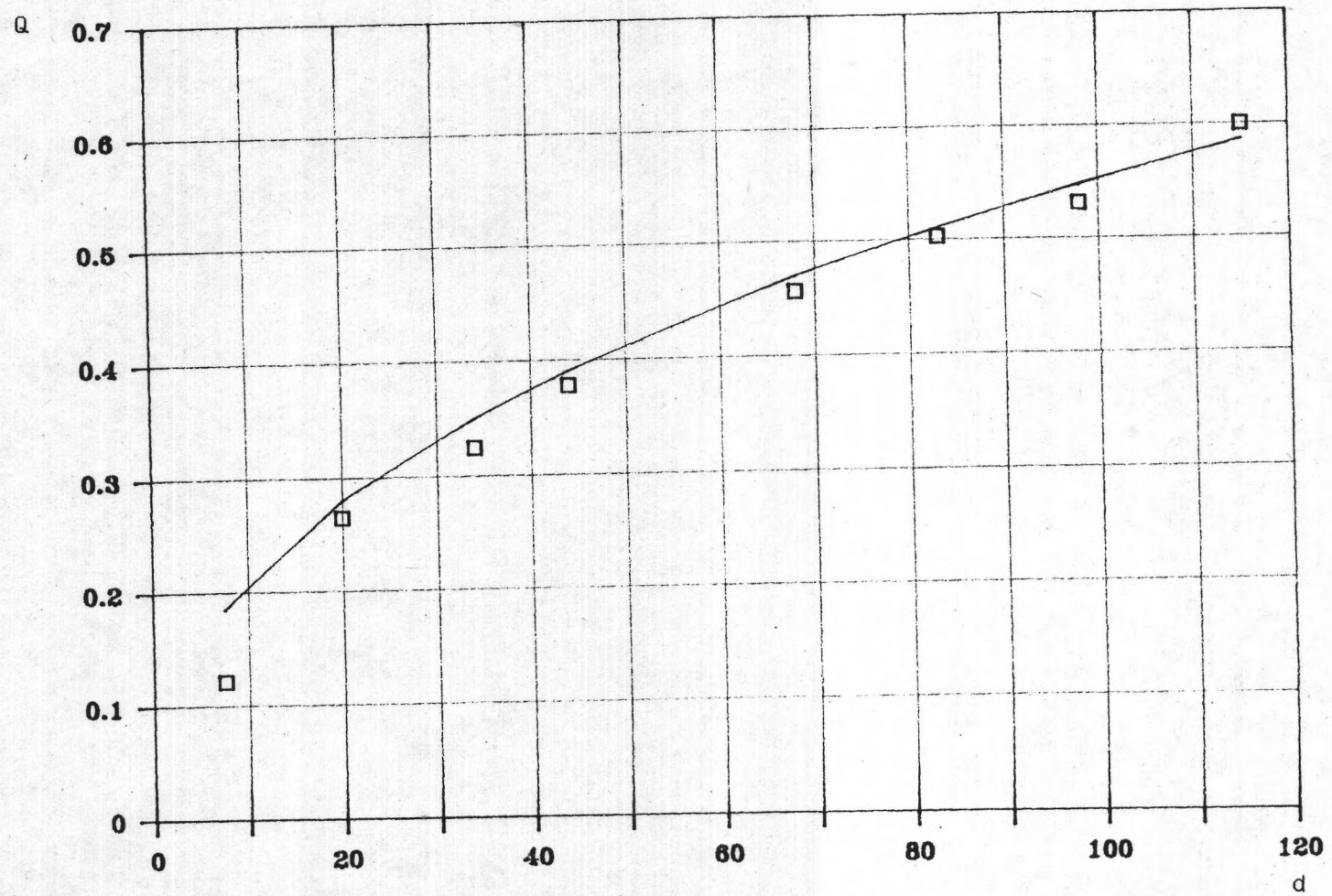
d	h _b	h _t	h _o	h ₃	Q	F ²	\hat{h}_o	\hat{h}_3
mm	mm	mm	mm	mm	m ³ /min			
6.0	36.0	125.4	55.5	18.0	0.146	0.15	2.71	0.88
10.0	43.0	130.9	62.5	23.5	0.185	0.17	3.05	1.15
15.0	47.9	134.7	67.4	27.3	0.224	0.20	3.29	1.33
21.0	52.3	138.5	71.8	31.1	0.261	0.23	3.50	1.52
30.5	57.0	142.8	76.5	35.4	0.310	0.26	3.73	1.73
35.5	60.0	145.0	79.5	37.6	0.333	0.27	3.88	1.83
43.0	63.1	147.8	82.6	40.4	0.364	0.29	4.03	1.97
48.5	65.2	150.0	84.7	42.6	0.385	0.30	4.13	2.08
54.5	68.0	151.9	87.5	44.5	0.406	0.30	4.27	2.17
59.5	69.0	153.1	88.5	45.7	0.423	0.32	4.32	2.23

ตารางที่ 18.2 ผลการทดลองรูปร่าง C3232 ที่อัตราการไหลสูง



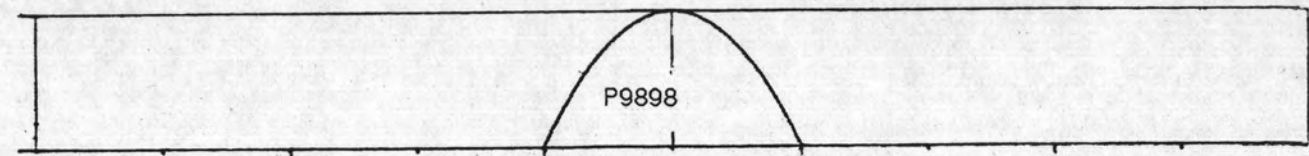
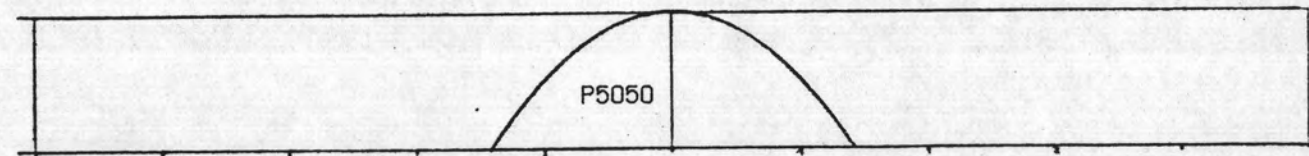
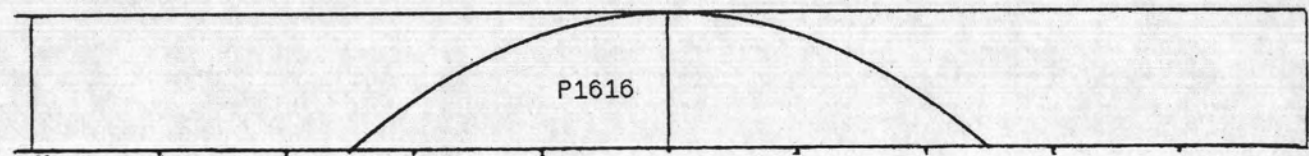
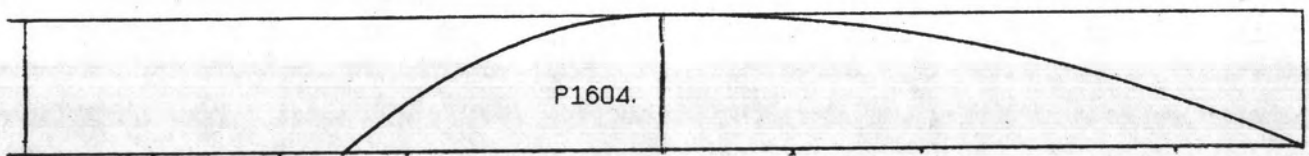
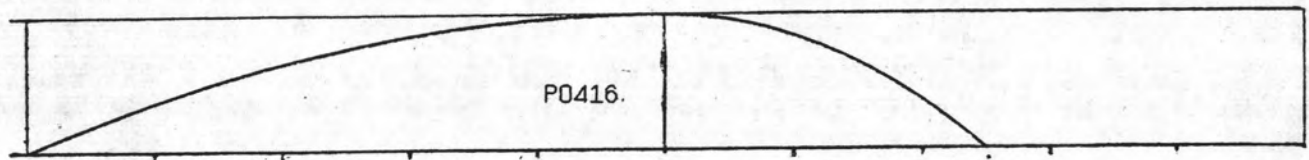
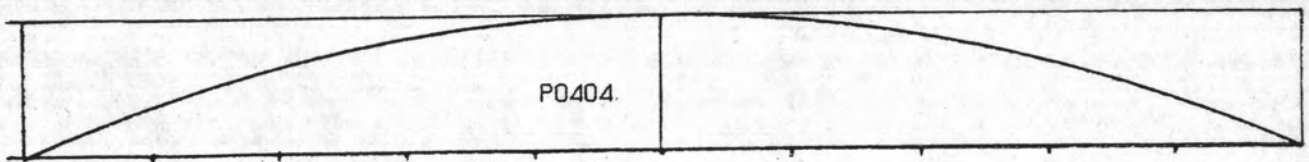
แผนภูมิที่ 1 แสดงผลการทดลองเทียบกับการวิเคราะห์โดยวิธี Geometric Regression

ของมาหอนิเตอร์ชุดที่ 1

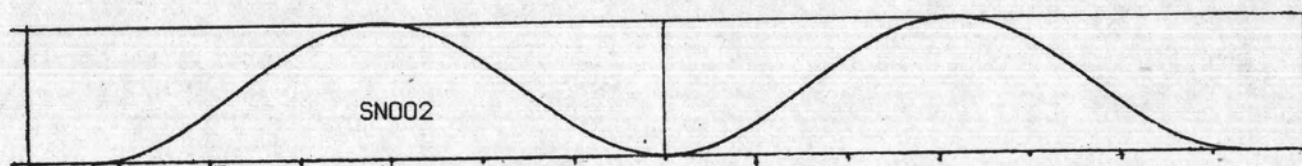
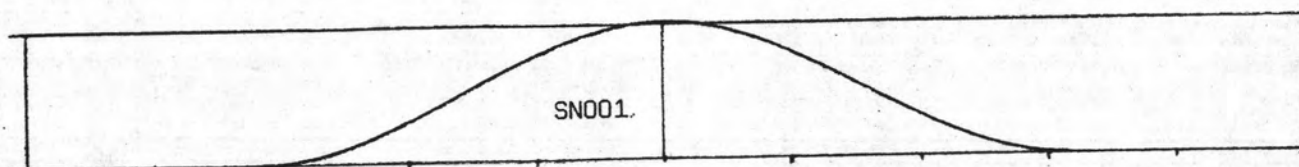


แผนภูมิที่ 2 แสดงผลการทดลองเทียบกับการวิเคราะห์โดยวิธี Geometric Regression

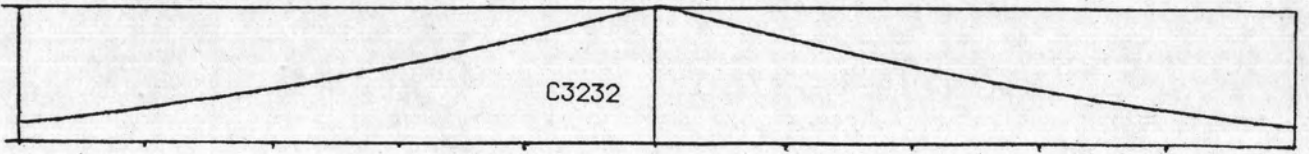
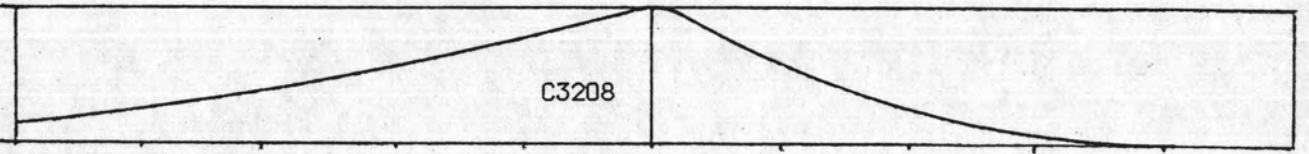
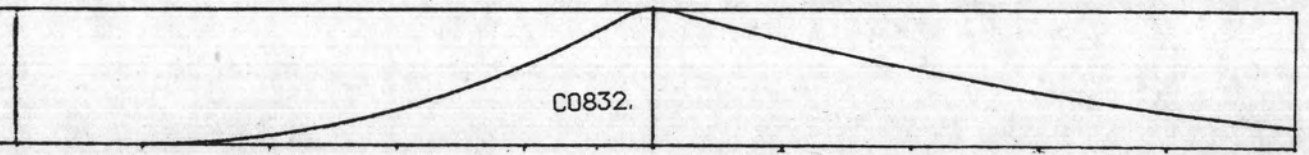
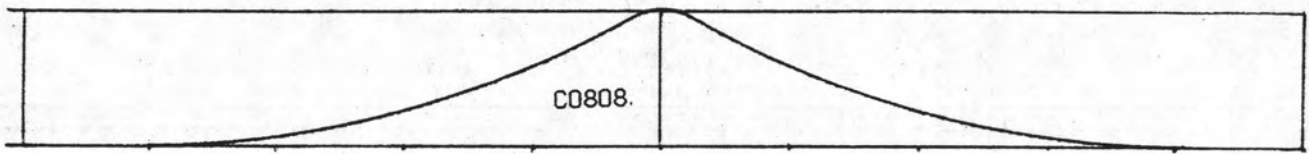
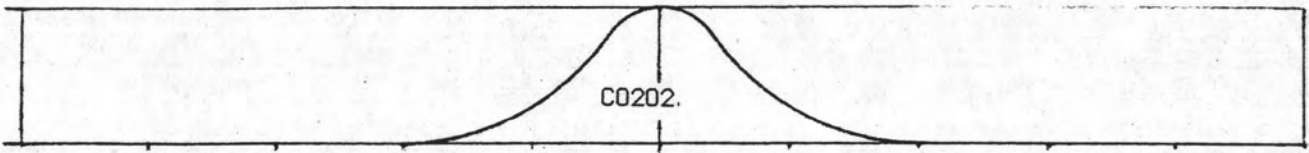
ของมานอมิเตอร์ชุดที่ 2



แผนภูมิที่ 3 รูปหน้าตัดของสิ่งกีดขวางรูปพาราโบลา

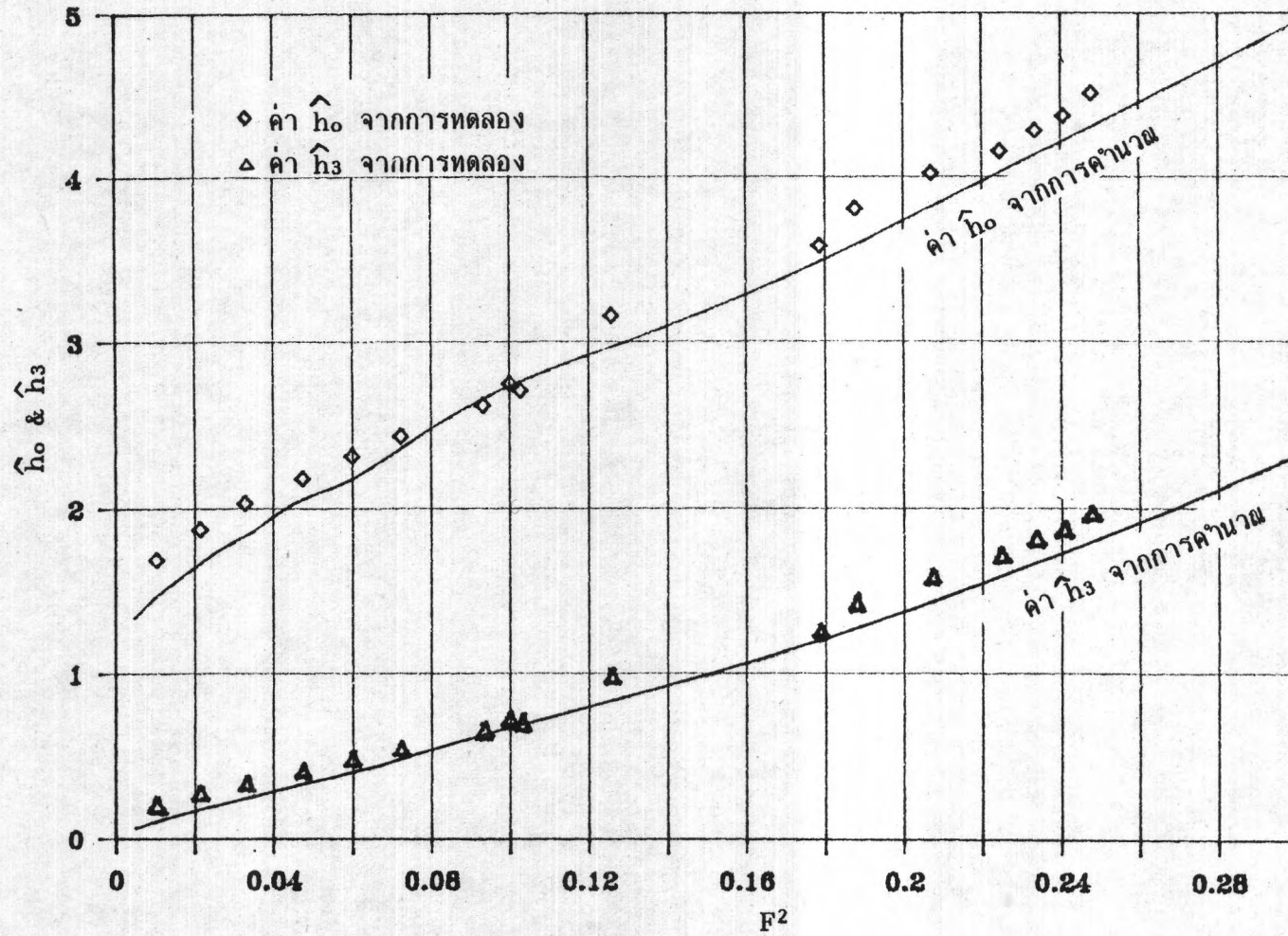


แผนภูมิที่ 4 รูปหน้าตัดของสิ่งกีดขวางรูป sinusoidal



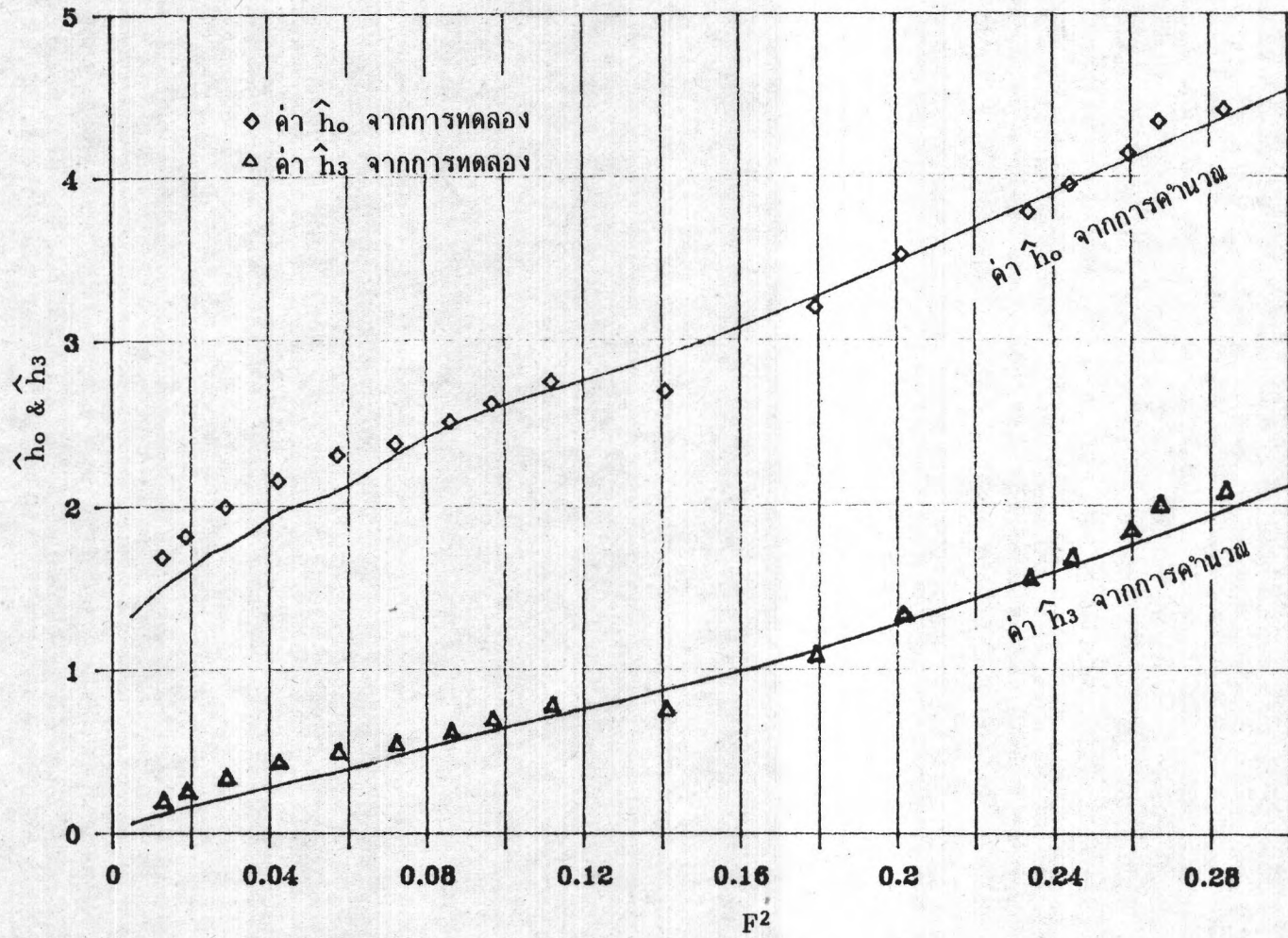
แผนภูมิที่ 5 รูปหน้าตัดของสิ่งกีดขวางรูปส่วนโค้งวงกลม

P0404



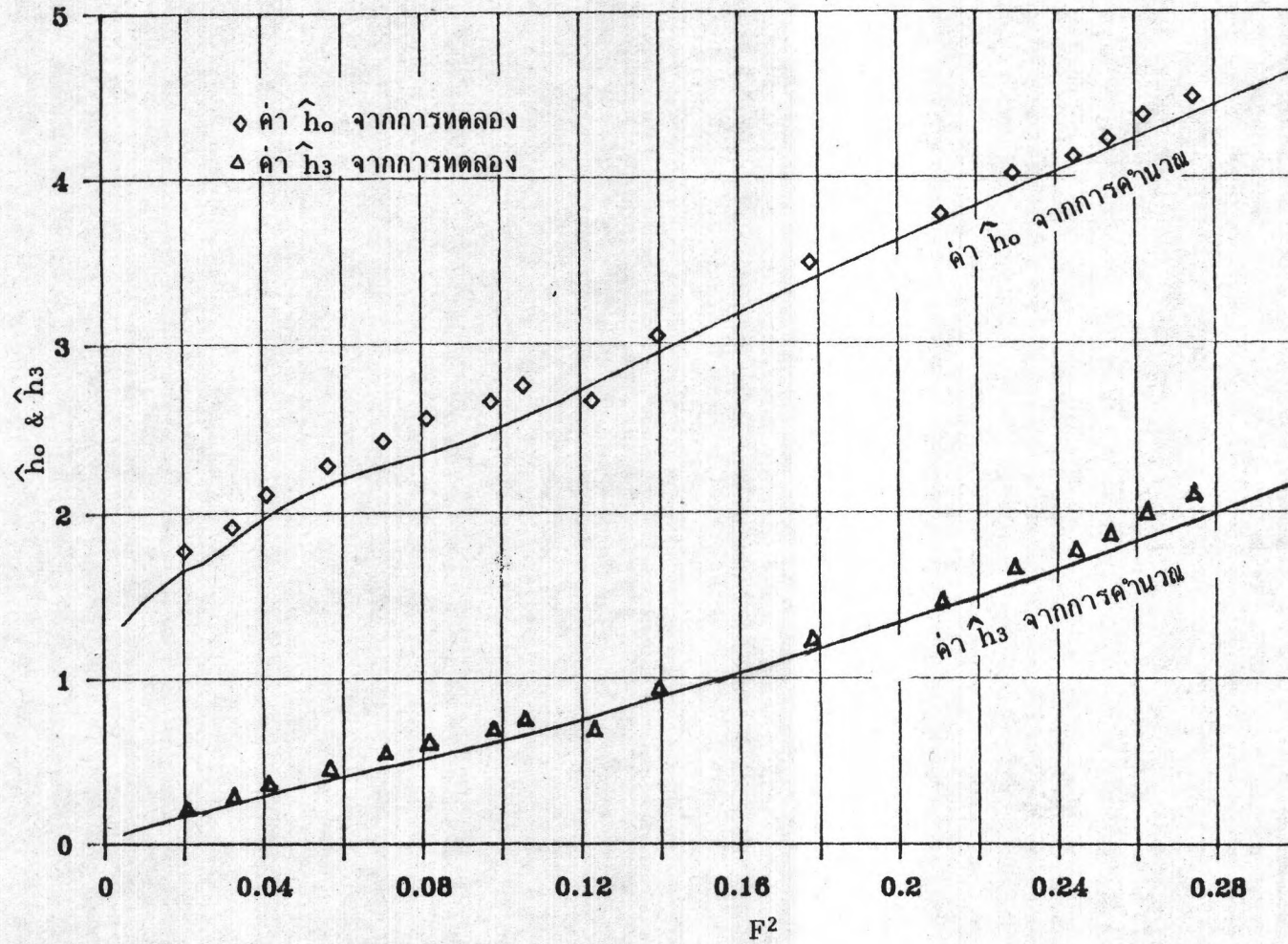
แผนภูมิที่ 6 ผลการทดลองเทียบกับการคำนวณ ของรูปร่าง P0404

P0416



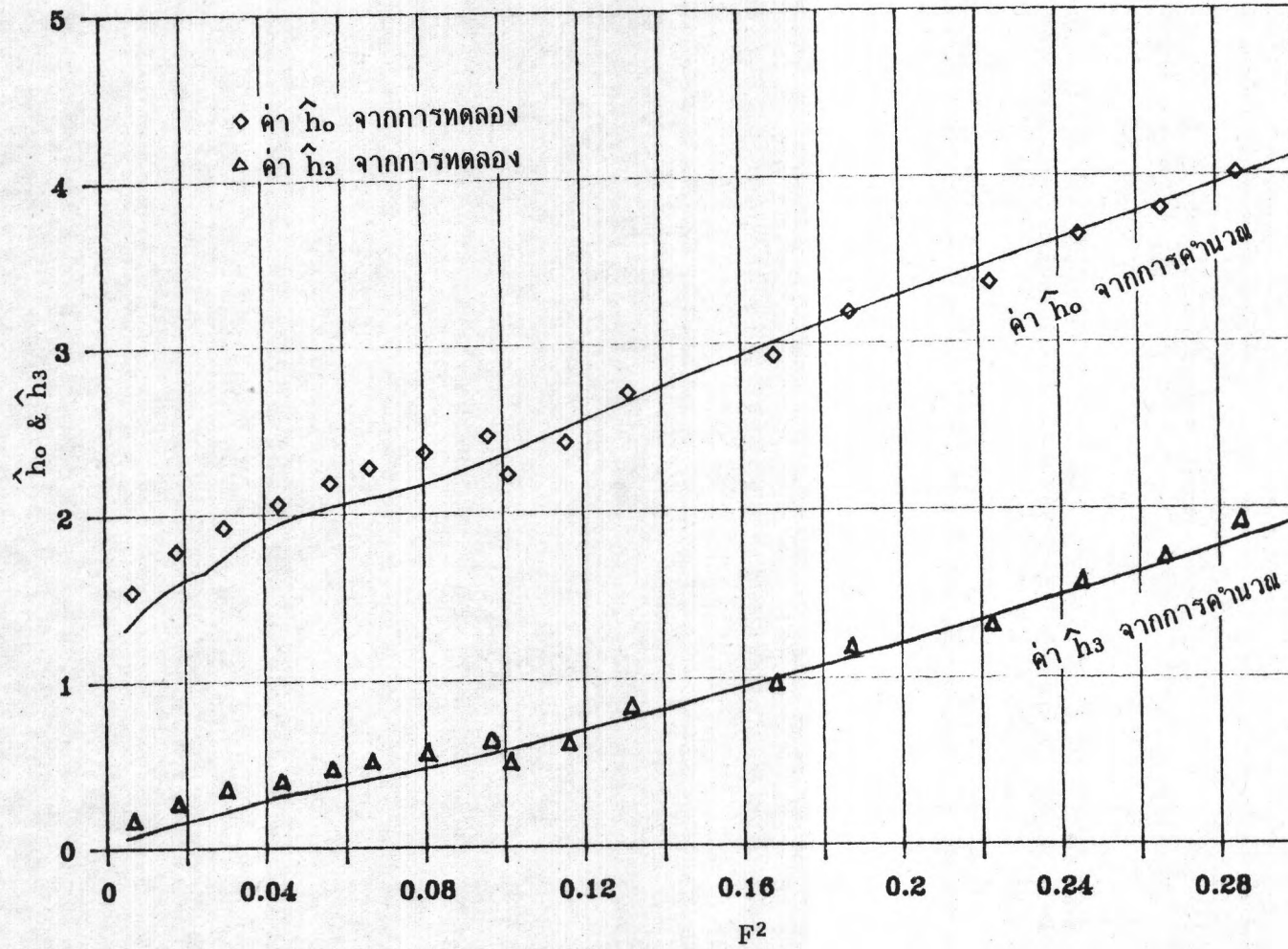
แผนภูมิที่ 7 ผลการทดลองเทียบกับการคำนวณ ของรูปร่าง P0416

P1604



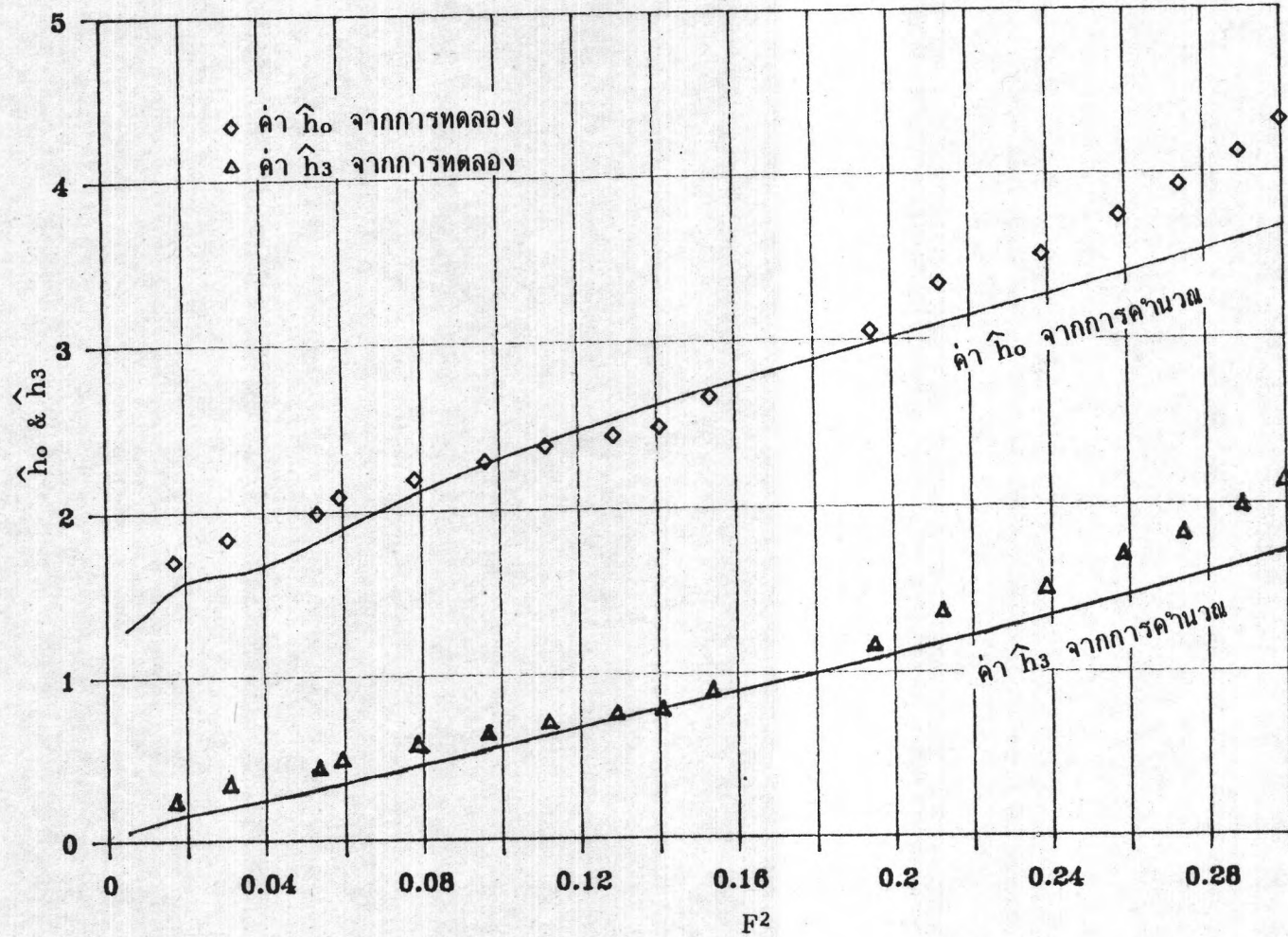
แผนภูมิที่ 8 ผลการทดลองเทียบกับการคำนวณ ของรูปร่าง P1604

P1616



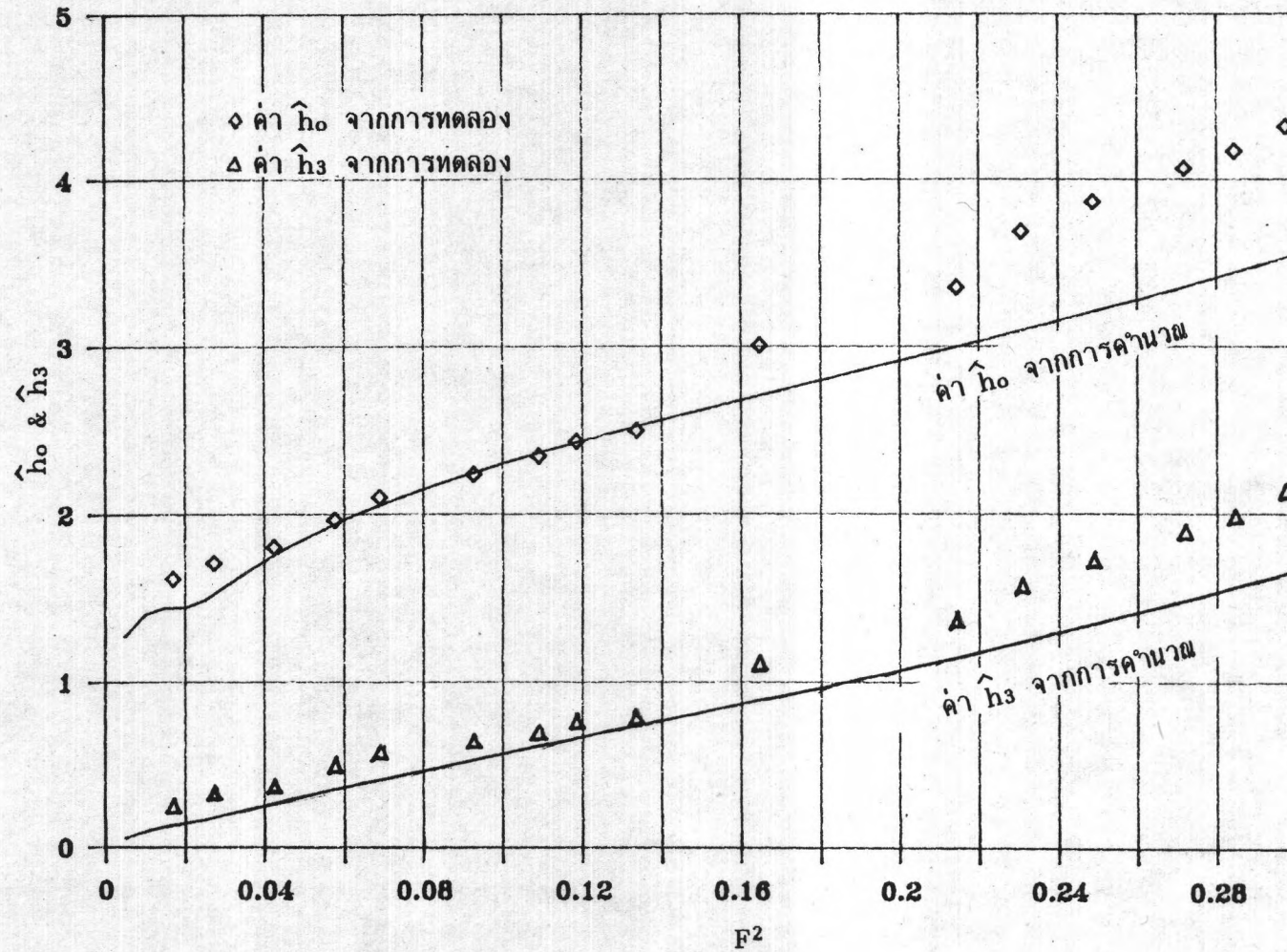
แผนภูมิที่ 9 ผลการทดลองเทียบกับการคำนวณ ของรูปร่าง P1616

P5050



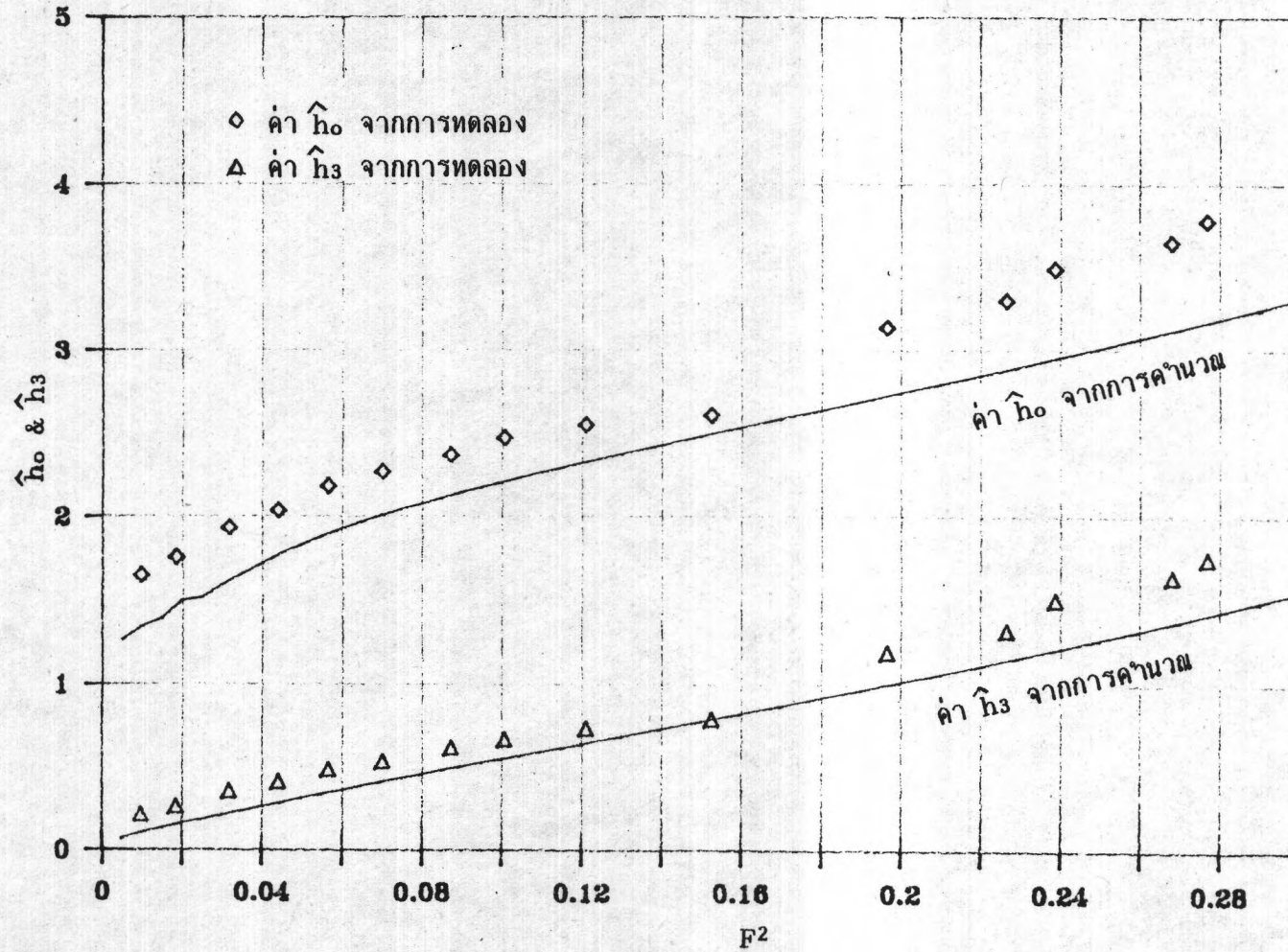
แผนภูมิที่ 10 ผลการทดลองเทียบกับการคำนวณ ของรูปร่าง P5050

P9898



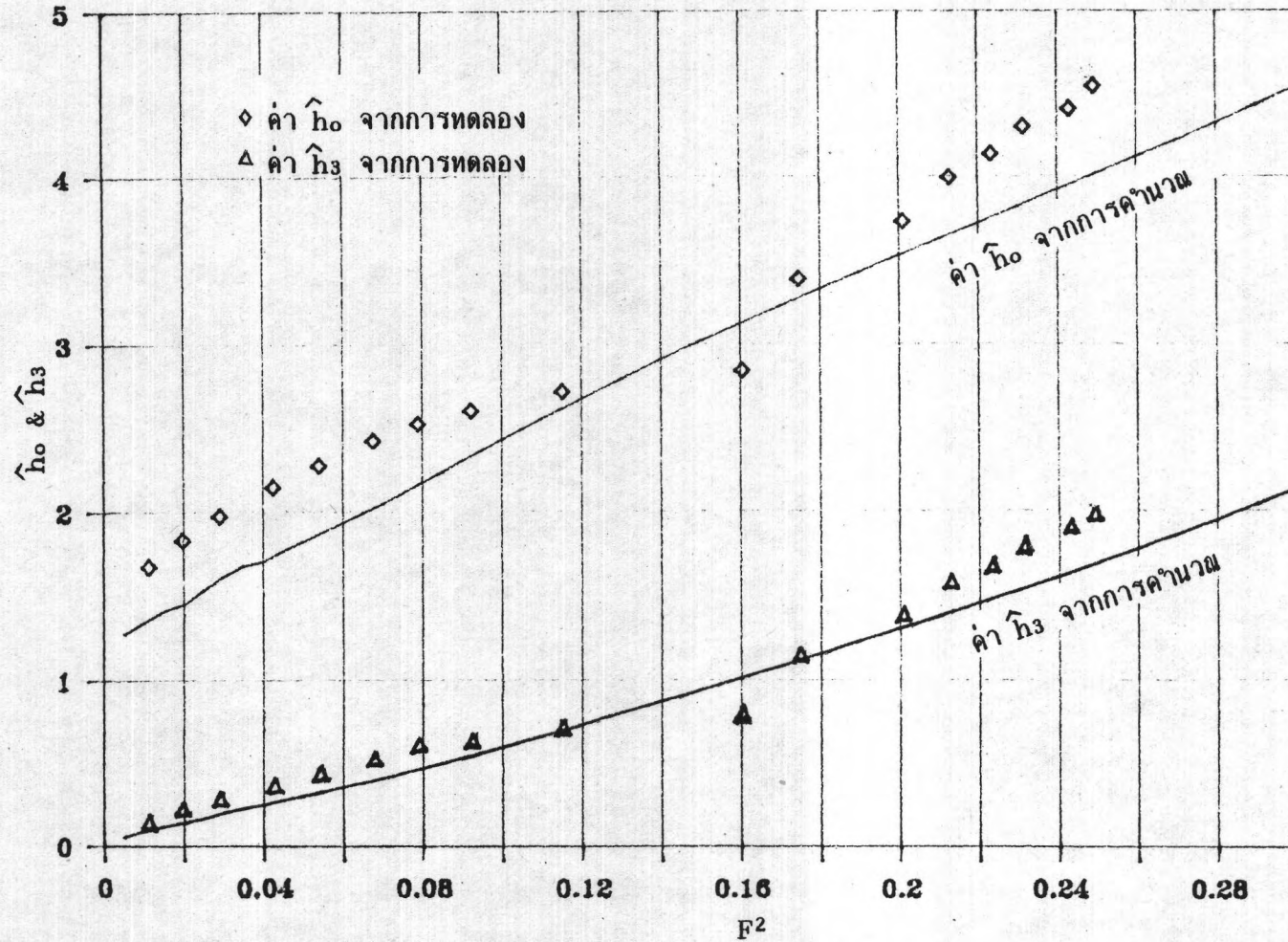
แผนภูมิที่ 11 ผลการทดลองเทียบกับการคำนวณ ของรูปร่าง P9898

SN001



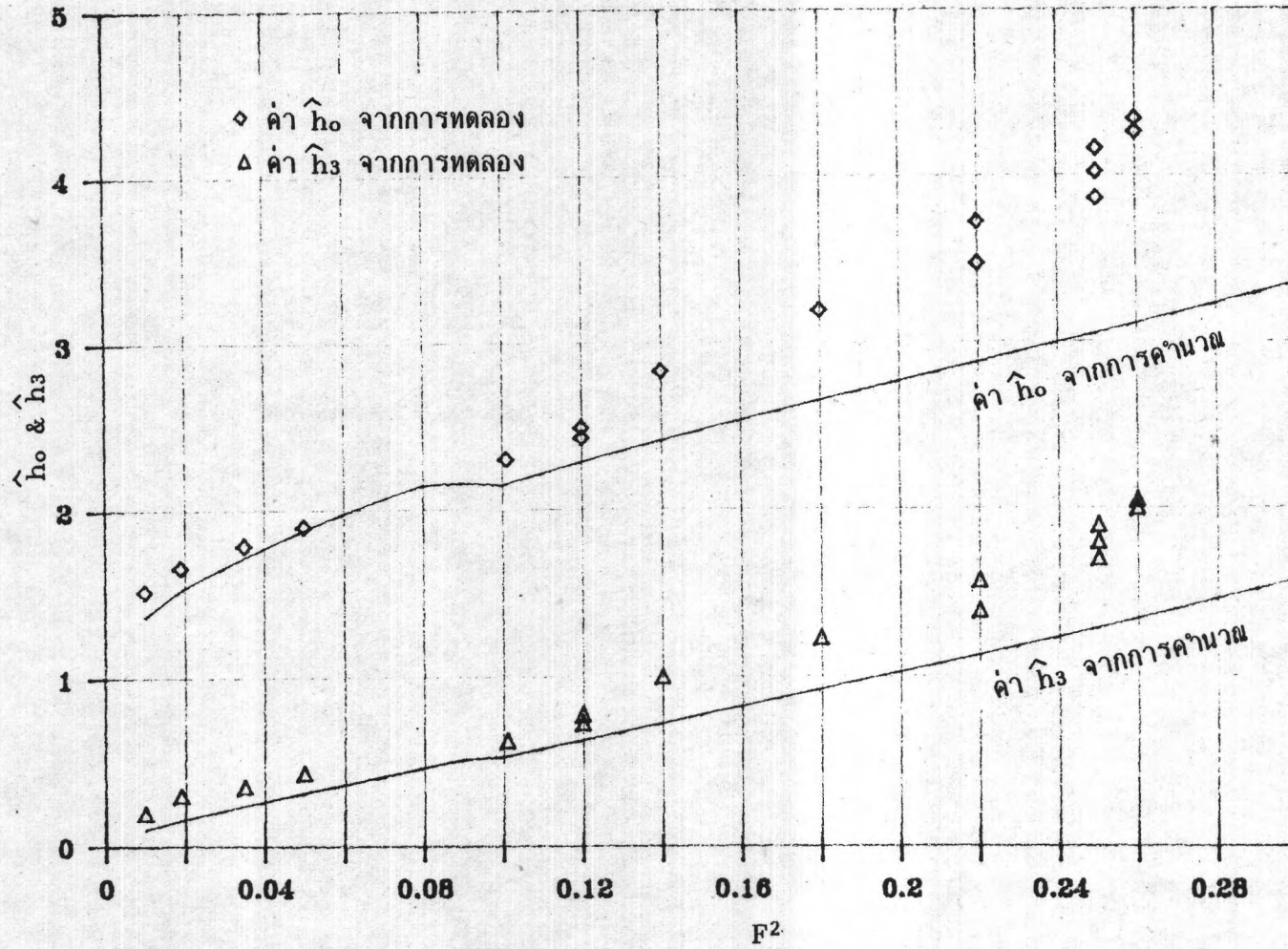
แผนภูมิที่ 12 ผลการทดลองเทียบกับการคำนวณ ของรูปร่าง SN001

SN002



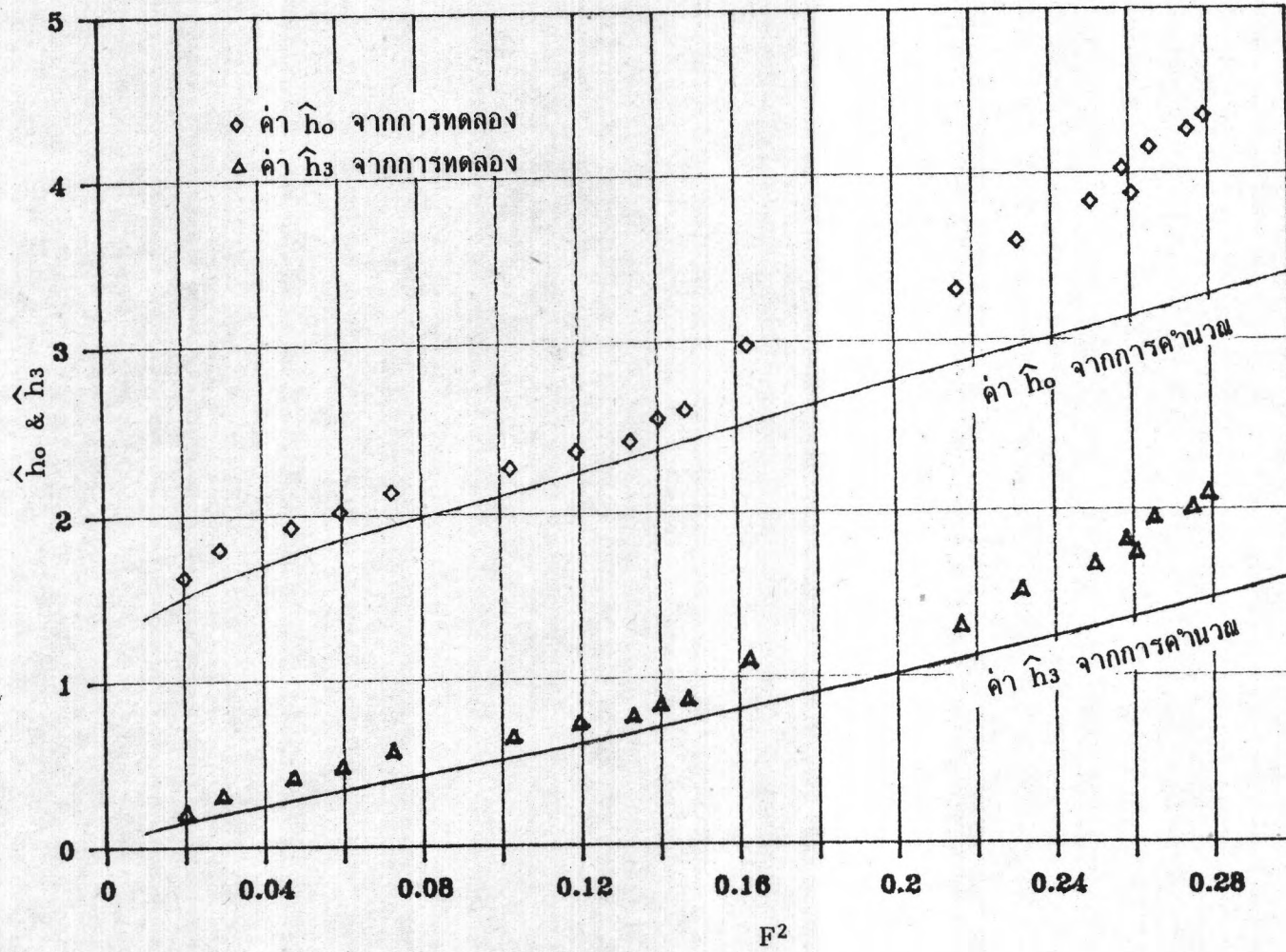
แผนภูมิที่ 13 ผลการทดลองเทียบกับการคำนวณ ของรูปร่าง SN002

C0202



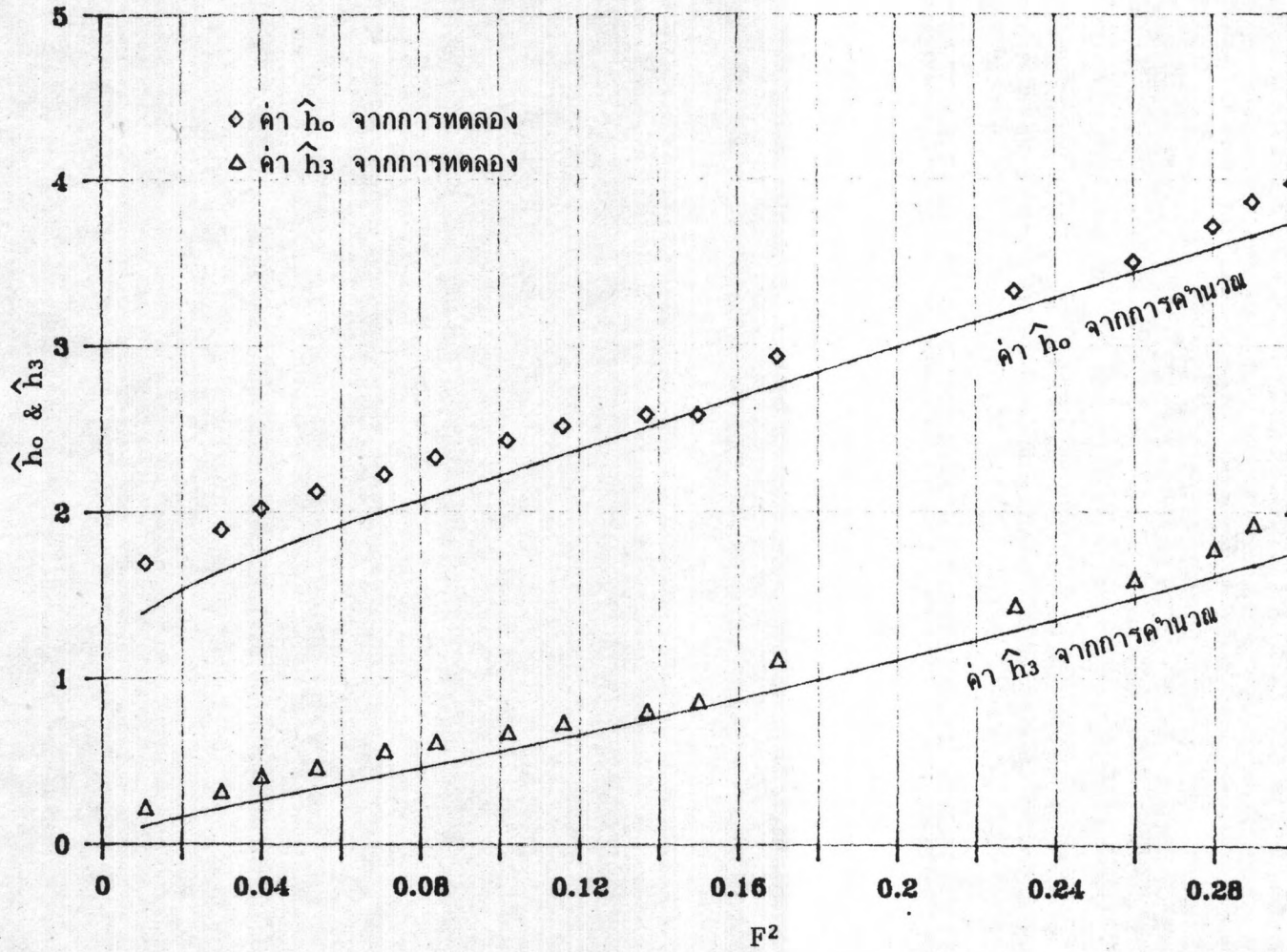
แผนภูมิที่ 14 ผลการทดลองเทียบกับการคำนวณ ของรูปร่าง C0202

C0808



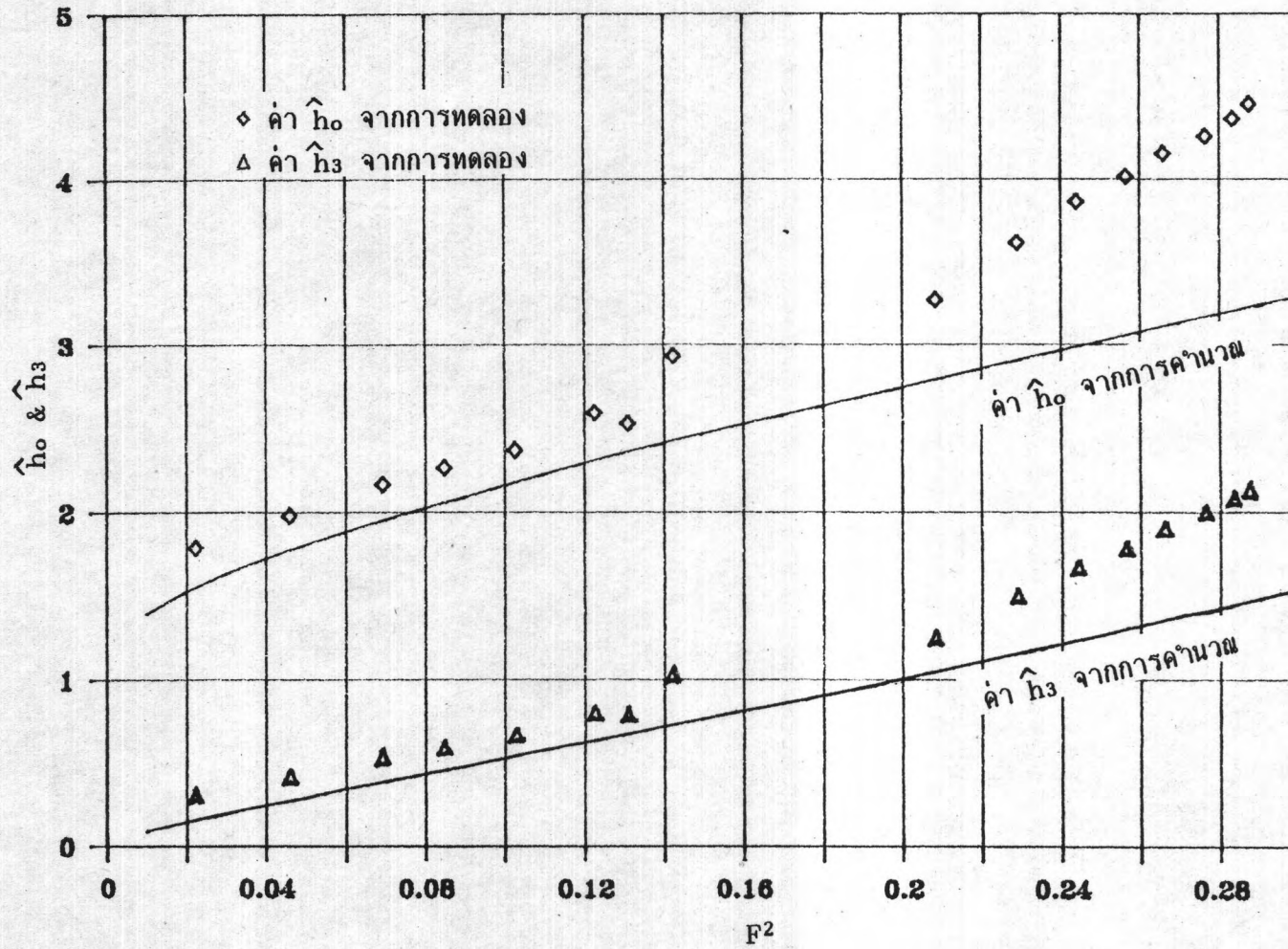
แผนภูมิที่ 15 ผลการทดลองเทียบกับการคำนวณ ของรูปร่าง C0808

C0832



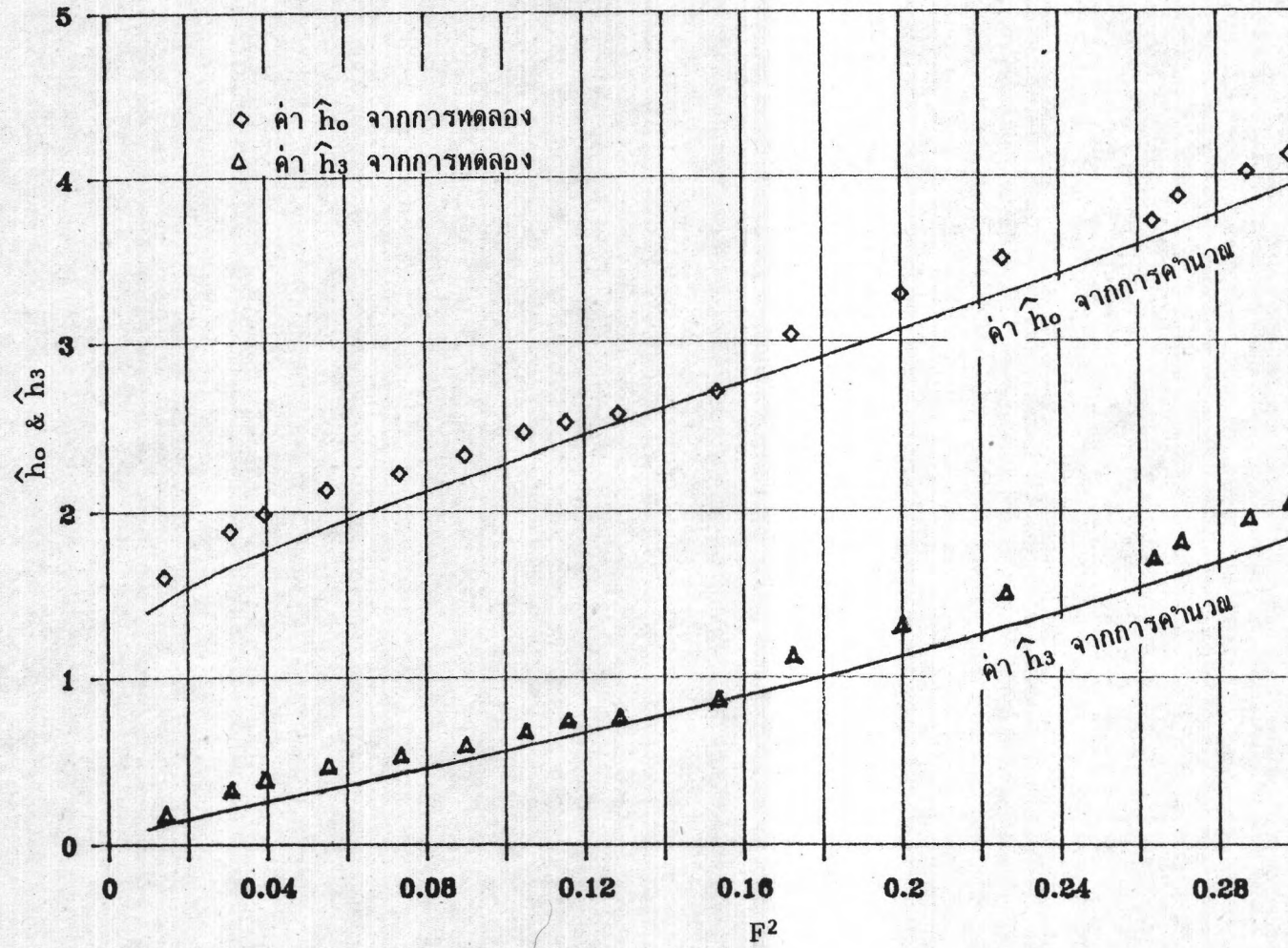
แผนภูมิที่ 16 ผลการทดลองเทียบกับการคำนวณ ของรูปร่าง C0832

C3208



แผนภูมิที่ 17 ผลการทดลองเทียบกับการคำนวณ ของรูปร่าง C3208

C3232



แผนภูมิที่ 18 ผลการทดลองเทียบกับการคำนวณ ของรูปร่าง C3232