



บทที่ 6

การเปรียบเทียบผลการทดลองในเขตกว้างไหลแบบลู่ลง

(Experimental Result Comparison in Converging Zone)

6.1 คำนำ

ในบทนี้ จะเป็นการเปรียบเทียบผลของการหาการกระจายความเร็ว (velocity distribution) จากการทดลองจริง ๆ กับผลที่ได้จากแบบจำลองคิเนแมติกส์ (kinematics model) ว่าแตกต่างกันอย่างไร ในตอนที่ 6.2 จะกล่าวถึงการหาการกระจายความเร็ว โดยการใส่แบบจำลองคิเนแมติกส์ ในตอนที่ 6.3 จะกล่าวถึงการกระจายความเร็วที่ได้จากการทดลอง ส่วนตอนที่ 6.4 จะนำผลของตอนที่ 6.2 และตอนที่ 6.3 มาเปรียบเทียบกัน

6.2 การหาการกระจายความเร็วในเขตกว้างไหลแบบลู่ลงโดยใช้แบบจำลองคิเนแมติกส์

จากสมการ (1.6.7)

$$v = v_0 e^{-x^2/4\alpha y} \tag{1.6.7}$$

$$v_0 = \frac{Q}{\sqrt{4\pi\alpha y}} \tag{1.6.6}$$

$$\alpha = 0.54$$

$$Q = \frac{\text{อัตราการปริมาตรการไหลต่อหนึ่งหน่วยความหนาของถัง}}{\text{อัตราการมวลการไหล}} = \frac{\text{ความหนาแน่นของไหล} \times \text{ความหนาของถัง}}$$

อัตราการมวลการไหลของเบิ้ลข้าวเหนียว ที่ความกว้างของถัง 40 ซม. หนาของรู 2 ซม.

มีค่าเท่ากับ 87.852 กรัม/วินาที

$$\text{ความหนาแน่นของไหล} = 0.86 \text{ กรัม/ลบ.ซม.}$$

$$\text{ความหนาของถัง} = \text{ระยะห่างระหว่างกระจก}$$

$$= 2 \text{ ซม.}$$

$$\therefore Q = \frac{87.852}{0.86 \times 2}$$

$$= 53.57 \text{ ซม.}^2/\text{วินาที}$$

เมื่อทราบค่า Q แล้ว สามารถคำนวณหา ϕ ที่ระดับต่าง ๆ จากกฎ ได้

$$\text{ที่ระดับ 5 ซม. จากรู, } y = 5$$

$$\therefore \phi = \frac{53.57}{\sqrt{4\pi \times 0.54 \times 5}}$$

$$= 9.2 \text{ ซม./วินาที}$$

ในทำนองเดียวกัน ที่ $y = 10, 15$ และ 20 ซม.

คำนวณ $\phi = 6.5, 5.31$ และ 4.60 ซม./วินาที ตามลำดับ

หลังจากนั้น จะใช้สมการ (1.6.7) คำนวณ หา ϕ ได้ ค่าที่คำนวณได้นี้ จะถือเป็นค่าที่หาได้ทางทฤษฎี

6.3 การกระจายความเร็วที่ได้จากการทดลอง

การทดลองนี้ ทำในกรอบอ้างอิงระยะ $30 - 10$ ซม. จากรู ขนาดของรู เท่ากับ 2 ซม. ความกว้างของถัง เท่ากับ 40 ซม. ทำการทดลองแล้วคำนวณเช่นเดียวกับในตอนที่ 5 แล้วนำมาพลอตระหว่างระยะทางในแนวระดับ ซึ่งในที่นี้จะคิดกึ่งกลางของรูเป็นศูนย์ เพื่อให้สอดคล้องกับค่า x ในสมการ (1.6.7) กับความเร็วที่หามาได้

6.4 การเปรียบเทียบการกระจายความเร็วที่ได้จากการทดลองกับที่ได้จากแบบจำลองคิเนแมติกส์

ผลของการเปรียบเทียบจะได้แสดงไว้ในตารางที่ 6.4.1 ถึงตารางที่ 6.4.4 และจะนำไปแสดงบนกราฟ ดังในรูป 6.4.1 ถึงรูปที่ 6.4.4

จากตารางและรูป นำมาหาค่าความผิดพลาด (error) ได้ ดังนี้

ที่ระดับความสูง 5 ซม. จากรู	มีความผิดพลาดเฉลี่ย	19.43%
ที่ระดับความสูง 10 ซม. จากรู	มีความผิดพลาดเฉลี่ย	14.12%
ที่ระดับความสูง 15 ซม. จากรู	มีความผิดพลาดเฉลี่ย	12.16%
ที่ระดับความสูง 20 ซม. จากรู	มีความผิดพลาดเฉลี่ย	12.22%

จะสังเกตเห็นว่า ที่ระดับสูงจากรูไม่มาก จะมีความผิดพลาดเฉลี่ยสูงกว่าในระดับที่สูงขึ้นไป ทั้งนี้อาจเป็นเพราะที่ใกล้ ๆ รู เมล็ดข้าวเหนียวไหลเร็วมากกว่าที่ระดับสูงขึ้นไป การติดตามการไหลของเมล็ดข้าวเหนียวทำได้ยากมากขึ้น จึงทำให้เกิดความผิดพลาดได้ง่าย แต่ที่ระดับสูงขึ้นไปเมล็ดข้าวเหนียวไหลช้ากว่า จึงทำให้สามารถติดตามการไหลได้ แต่ก็ยังไม่คืบคั้น อย่างไรก็ตามผลการเปรียบเทียบครั้งนี้ พอจะสรุปได้ว่า การนำแบบจำลองคิเนแมติกส์ (kinematics model) มาใช้คำนวณหาความเร็วในแนวตั้ง ที่ระดับต่าง ๆ จากพื้นถึง และที่ระยะต่าง ๆ จากกึ่งกลางรู ได้ผลดีพอสมควร, ทั้ง ๆ ที่ในแบบจำลองคิเนแมติกส์นี้ มีตัวพารามิเตอร์ (parameter) เพียงตัวเดียว คือ ค่าคงที่คิเนแมติกส์ (kinematics constant) \propto แทนนำไปใช้คำนวณความเร็วได้ทุกแห่ง อีกประการหนึ่งขอเน้นว่า สมการ (1.6.7) ที่ใช้นั้นได้มาจากเงื่อนไขขอบเขต (boundary condition) ที่สมมติว่า ผนังด้านข้างมีระยะห่างกันมาก และขนาดของรูมีค่าน้อยมาก แต่เมื่อนำมาใช้ในทางปฏิบัติ ระยะห่างของผนังสองข้าง มีค่าจำกัดค่าหนึ่ง และขนาดของรูก็มีค่ามากขึ้น ดังนั้น จึงต้องมีข้อผิดพลาดเกิดขึ้นแน่นอน

อย่างไรก็ตาม สมการที่จะใช้คำนวณความเร็ว โดยมีเงื่อนไขขอบเขต (boundary condition) ตรงกับที่ใช้ในการปฏิบัติก็มี ซึ่งจะนำไปกล่าวถึงในบทที่ 7 ตอนข้อเสนอแนะต่างๆ โดยจะอธิบายถึงที่มาของสมการ และสาเหตุที่ไม่สามารถนำมาใช้กับการทดลองครั้งนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6.4.1

การเปรียบเทียบการกระจายความเร็วที่ได้จากการทดลองกับที่ได้จากแบบจำลองดิเนแมคิกส์

ความกว้างของถัง 40 ซม.

ขนาดของรู 2 ซม.

ระดับความสูง 5 ซม. จากรู

x	v/v max (ทฤษฎี)	v/v max (ทดลอง)
-1.02	0.91	0.745
-0.32	0.99	0.682
0.66	0.96	0.758
1.8	0.74	0.764
-1.7	0.77	0.516
-2.6	0.53	0.454
-0.8	0.94	0.562
0	1.00	0.987
1.5	0.81	0.764
-0.9	0.93	0.357
-0.6	0.97	0.817
0.9	0.93	0.707
1.9	0.72	0.842
-1.24	0.87	0.747
-0.6	0.97	0.825
-2.15	0.65	0.664
-1.34	0.85	0.713
1.00	0.91	0.989
2.4	0.59	0.399
-3.2	0.39	0.226
0.86	0.93	0.777
1.4	0.83	0.607
-1.63	0.78	0.511
-1.6	0.79	0.680
0.69	0.96	0.863
-0.66	0.96	0.880

ตารางที่ 6.4.1 (ต่อ)

การเปรียบเทียบการกระจายความเร็วที่ได้จากการทดลองกับที่ได้จากแบบจำลองคิเนแมติกส์

ความกว้างของถัง 40 ซม.

ขนาดของรู 2 ซม.

ระดับความสูง 5 ซม. จากรู

x	v/v max (ทฤษฎี)	v/v max (ทดลอง)
2.48	0.57	0.649
-1.9	0.72	0.890
1.3	0.86	1.00
2.26	0.62	0.634

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6.4.2

การเปรียบเทียบการกระจายความเร็วที่ได้จากการทดลองกับที่ได้จากแบบจำลองคิเนแมติกส์

ความกว้างของถัง 40 ซม.

ขนาดของรู 2 ซม.

ระดับความสูง 10 ซม. จากรู

x	v/v max (ทฤษฎี)	v/v max (ทดลอง)
-2.25	0.79	0.76
-1.76	0.87	0.68
-0.29	0.99	0.77
2.34	0.78	0.77
-3.28	0.61	0.52
-3.95	0.49	0.48
-2.44	0.76	0.57
0.66	0.98	1.00
2.16	0.81	0.77
-3.25	0.61	0.36
-2.17	0.80	0.83
1.45	0.91	0.73
2.75	0.70	0.85
-1.59	0.89	0.76
-0.5	0.99	0.83
-3.76	0.52	0.68
-1.84	0.86	0.74
1.45	0.91	0.99
3.73	0.52	0.40
-4.68	0.36	0.23
1.27	0.93	0.79
2.66	0.72	0.62
-3.26	0.61	0.52
-2.3	0.78	0.69
1.61	0.89	0.87
-1.21	0.93	0.89

ตารางที่ 6.4.2 (ต่อ)

การเปรียบเทียบการกระจายความเร็วที่ได้จากการทดลองกับที่ได้จากแบบจำลองคิเนแมติกส์

ความกว้างของถัง 40 ซม.

ขนาดของรู 2 ซม.

ระดับความสูง 10 ซม. จากรู

x	v/v max (ทฤษฎี)	v/v max (ทดลอง)
2.7	0.71	0.66
-2.26	0.79	0.89
1.4	0.91	1.00
3.27	0.61	0.64

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6.4.3

การเปรียบเทียบการกระจายความเร็วที่ได้จากการทดลองกับที่ได้จากแบบจำลองกิเนแมติกส์

ความกว้างของถัง 40 ซม.

ขนาดของรู 2 ซม.

ระดับความสูง 15 ซม. จากรู

x	v/v max (ทฤษฎี)	v/v max (ทดลอง)
-3.16	0.73	0.764
-2.48	0.83	0.66
-0.6	0.99	0.77
2.82	0.78	0.77
-4.14	0.59	0.52
-4.78	0.49	0.52
-3.2	0.73	0.58
0.91	0.98	1.00
2.93	0.77	0.76
-5.09	0.45	0.35
-2.84	0.78	0.83
1.97	0.89	0.95
3.50	0.69	0.85
-2.13	0.87	0.76
-0.44	0.99	0.82
-4.86	0.48	0.68
-2.25	0.85	0.77
1.89	0.89	0.98
5.07	0.45	0.40
-6.02	0.33	0.24
1.63	0.92	0.79
3.74	0.65	0.62
-4.39	0.55	0.53
-2.94	0.77	0.69
2.48	0.83	0.85
-1.65	0.92	0.87

ตารางที่ 6.4.3 (ต่อ)

การเปรียบเทียบการกระจายความเร็วที่ได้จากการทดลองกับที่ได้จากแบบจำลองคิเนแมติกส์

ความกว้างของถัง 40 ซม.

ขนาดของรู 2 ซม.

ระดับความสูง 15 ซม. จากรู

x	v/v max (ทฤษฎี)	v/v max (ทดลอง)
3.15	0.74	0.65
-2.73	0.79	0.87
1.34	0.95	0.99
4.22	0.58	0.64

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6.4.4

การเปรียบเทียบการกระจายความเร็วที่ได้จากการทดลองกับที่ได้จากแบบจำลองคิเนแมติกส์

ความกว้างของถัง 40 ซม.
 ขนาดของรู 2 ซม.
 ระดับความสูง 20 ซม. จากรู

x	v/v max (ทฤษฎี)	v/v max (ทดลอง)
-3.94	0.70	0.78
-2.89	0.82	0.62
-0.74	0.99	0.78
3.08	0.80	0.76
-5.01	0.56	0.51
-5.33	0.52	0.59
-3.74	0.72	0.60
1.27	0.96	1.00
3.96	0.69	0.75
-6.28	0.40	0.33
-3.58	0.74	0.83
2.33	0.88	0.81
4.14	0.67	0.84
-2.71	0.84	0.76
-0.34	1.00	0.80
-5.43	0.50	0.70
-2.47	0.87	0.85
2.19	0.90	0.96
6.31	0.40	0.39
-7.00	0.32	0.25
1.96	0.92	0.79
4.80	0.59	0.63
-5.19	0.54	0.54
-3.61	0.74	0.68
2.89	0.82	0.80
-2.09	0.90	0.85

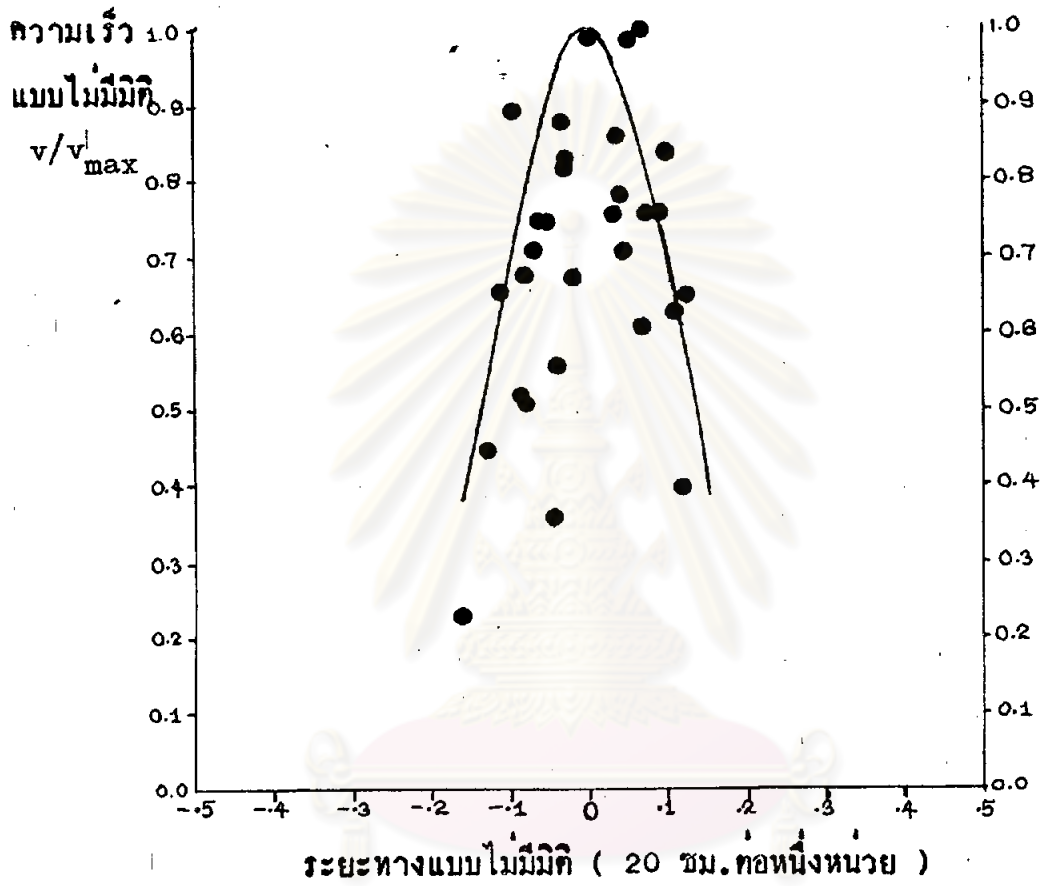
ตารางที่ 6.4.4 (ต่อ)

การเปรียบเทียบการกระจายความเร็วที่ได้จากการทดลองกับที่ได้จากแบบจำลองคิเนแมติกส์

ความกว้างของถัง 40 ซม.
 ขนาดของรู 2 ซม.
 ระดับความสูง 20 ซม. จากรู

x	v/v max (ทฤษฎี)	v/v max (ทดลอง)
3.82	0.71	0.65
-3.77	0.72	0.55
1.03	0.98	0.95
5.04	0.55	0.63

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

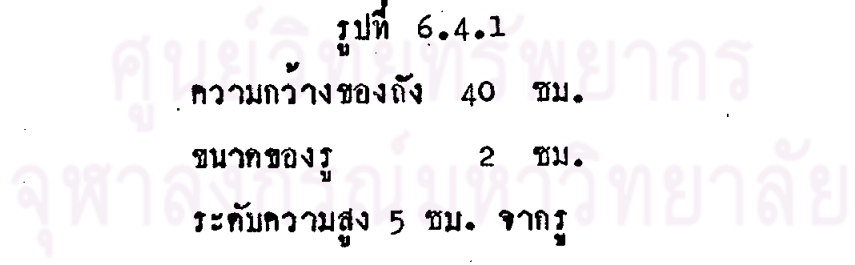


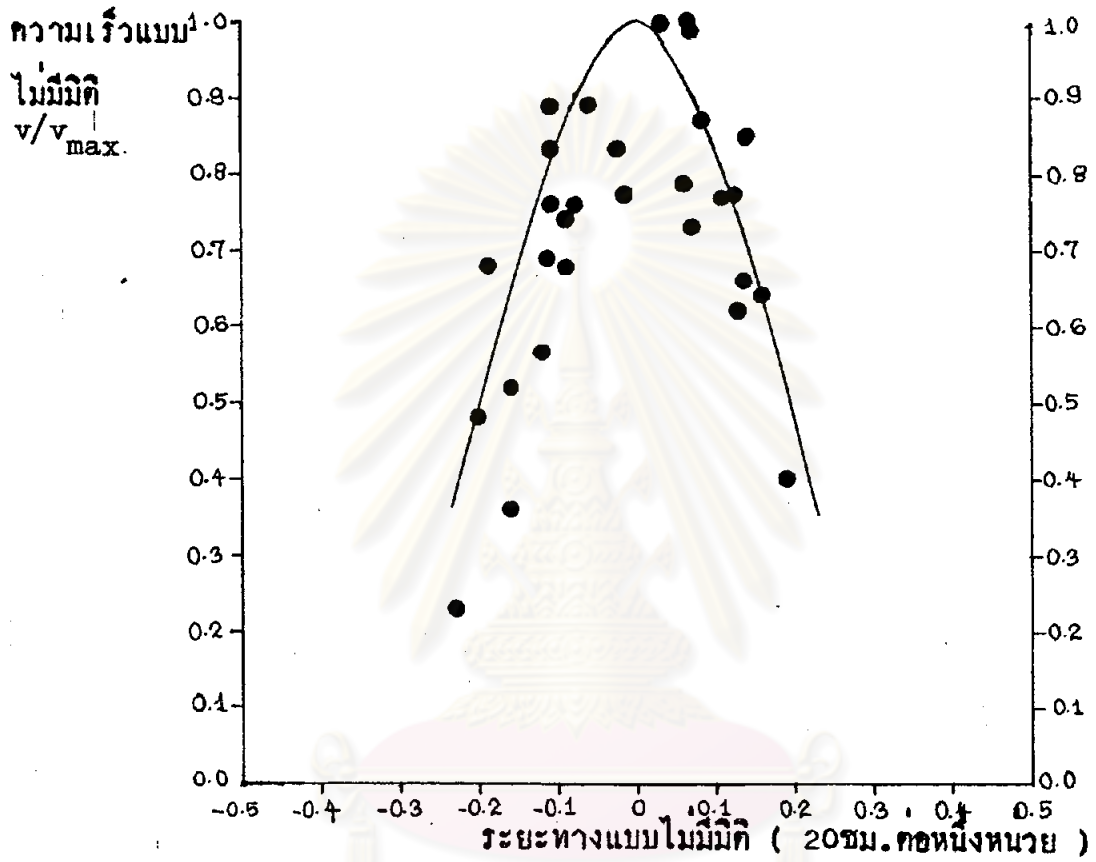
รูปที่ 6.4.1

ความกว้างของถึง 40 ซม.

ขนาดของรู 2 ซม.

ระดับความสูง 5 ซม. จากรู





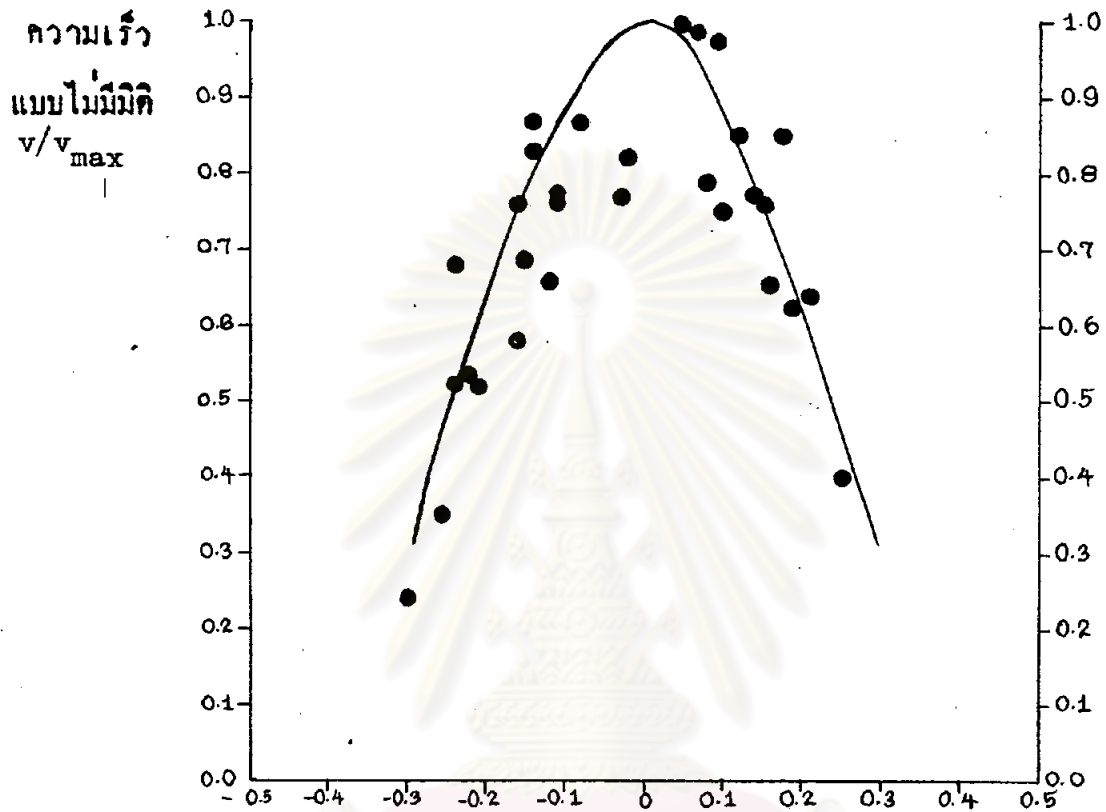
รูปที่ 6.4.2

ความกว้างของถัง 40 ซม.

ขนาดของรู 2 ซม.

ระดับความสูง 10 ซม. จากรู

ศูนย์วิจัยทางการแพทย์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ระยะทางแบบไม่มีมิติ (20 ซม. ต่อหนึ่งหน่วย)

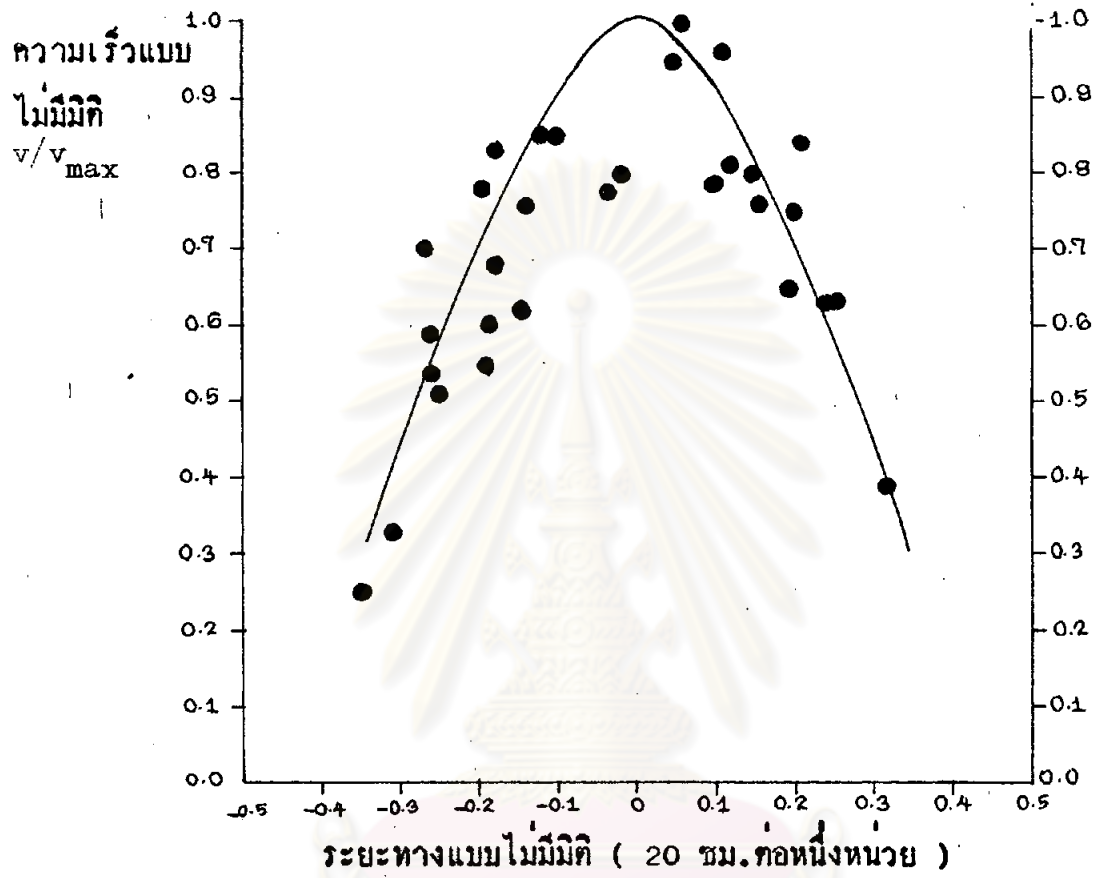
รูปที่ 6.4.3

ความกว้างของถัง 40 ซม.

ขนาดของรู 2 ซม.

ระดับความสูง 15 ซม. จากรู

ศูนย์ช่วยเหลือพยาบาล
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 6.4.4

ความกว้างของถัง 40 ซม.

ขนาดของรู 2 ซม.

ระดับความสูง 20 ซม. จากรู

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย