

พารามิเตอร์ควบคุมการกวนเร็วในท่อแนวดิ่ง



นาย ประเสริฐ พัววรรณเคราะห์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2531

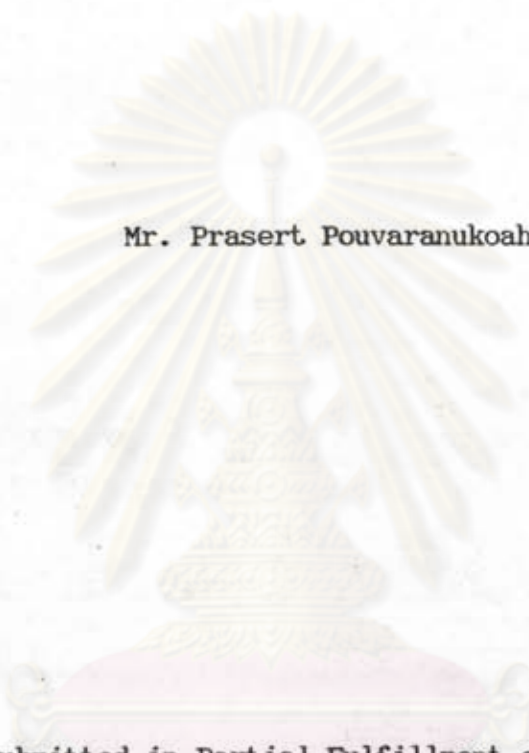
ISBN 974-568-878-9

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

014318

I 10300648

CONTROL PARAMETERS OF RAPID MIXING IN A VERTICAL PIPE



Mr. Prasert Pouvaranukoah

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Environmental Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University


1988

ISBN 974-568-878-9


หัวข้อวิทยานิพนธ์ พารามิเตอร์ควบคุมการทวนเร็วในท่อแนวตั้ง
โดย นาย ประเสริฐ นีววรรณเคราะห์
ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. ชีวะ เกรอด

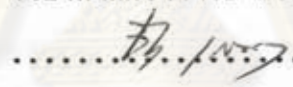


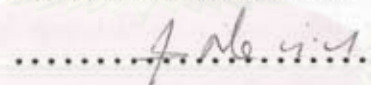
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้มีวิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการ
ศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบริหารบัณฑิต

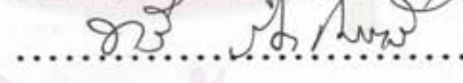

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร.ถาวร วิชัยรักษ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ชงชัย นพวรรณสวัสดิ์)


.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.ชีวะ เกรอด)


.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ สุกใจ ลำปา)


.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ทวี จิตไมตรี)

ศูนย์วิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ประเสริฐ พัวรรณูเคราะห์ : พารามิเตอร์ควบคุมการกวนเร็วในท่อแนวตั้ง (CONTROL PARAMETERS OF RAPID MIXING IN A VERTICAL PIPE) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร. อีระ เกรอด, 124 หน้า.

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพารามิเตอร์ควบคุมการกวนเร็วในท่อแนวตั้งที่มีผลต่อการกำจัดความขุ่นในน้ำดิบ ท่อกวนเร็วที่ใช้เป็นท่อเหล็กขุ่นสังกะสีซึ่งมีการไหลแบบต่อเนื่อง น้ำดิบที่ใช้เป็นน้ำขุ่นสังเคราะห์คาโอลิโนท์ซึ่งมีความขุ่น 50 NTU ตลอดจนการทดลอง พารามิเตอร์ควบคุมที่ศึกษาได้แก่เกรเดียนต์ความเร็วของการกวนเร็ว, G เวลาพักของการกวนเร็ว, T และความเข้มข้นของสารส้ม, C โดยแปรค่า G จาก 295 ถึง 3050 วินาที⁻¹ แปรค่า T จาก 0.6 ถึง 30 วินาที และแปรค่า C จาก 5 ถึง 30 มก./ล.

ผลวิจัยแสดงว่าประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นขึ้นกับค่า G T และ C ค่าเกรเดียนต์ความเร็วที่ให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นสูงสุด, G* มีค่าแปรจาก 795 ถึง 2180 วินาที⁻¹ โดยที่ค่า G* ไม่ขึ้นกับค่า T และ C เวลาพักที่ให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นสูงสุด, T* มีค่าแปรจาก 0.75 ถึง 24 วินาที โดยที่ค่า T* ขึ้นอยู่กับค่า G และ C และความเข้มข้นของสารส้มที่ให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นสูงสุด, C* มีค่าแปรจาก 15 ถึง 30 มก./ล. โดยที่ค่า C* ไม่ขึ้นกับค่า G และ T ความสัมพันธ์ระหว่าง G T* และ C ในรูปสมการเอมไพริคัลคือ $GT^*C^{0.68} = 2.9 \times 10^4$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
สาขาวิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
ปีการศึกษา 2530

ลายมือชื่อนิติ [Signature]
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา [Signature]



FRASERT POUVARANUKOAH : CONTROL PARAMETERS OF RAPID MIXING IN A
 VERTICAL PIPE. THESIS ADVISOR: ASSO. PROF. THEERA KAROT, Ed. D.
 124 pp.

This reserch was intended to study the control parameters of rapid mixing in a vertical pipe which effected the turbidity removal of raw water. The galvanized steel pipe was used as the rapid mixer and operated on a continuous flow process. Raw water with approximately 50 NTU turbidity was synthesized from kaolinite clay. The control parameters studied were velocity gradient of rapid mixing, G detention time of rapid mixing, T and alum concentration, C. The range of G T and C varied from 295 to 3050 sec^{-1} , 0.6 to 30 sec and 5 to 30 mg/l, respectively.

The experimental results revealed that the efficiency of turbidity removal depended on G T and C. The velocity gradient which gave maximum efficiency for turbidity removal, G^* varied from 795 to 2180 sec^{-1} . The values of G^* didn't depend on T and C. The detention time which gave maximum efficiency for turbidity removal, T^* varied from 0.75 to 24 sec. The values of T^* depended on G and C. The alum concentration which gave maximum efficiency for turbidity removal, C^* varied from 15 to 30 mg/l. The values of C^* didn't depend on G and T. Inaddition, the relationship between G T^* and C can be represented in the empirical equation as $GT^* C^{0.58} = 2.9 \times 10^4$.

ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
 สาขาวิชา วิศวกรรมสุขาภิบาล
 ปีการศึกษา 2530

ลายมือชื่อผู้สมัคร B. Prasert Pouvaranukoah
 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา Theera Karot



กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.ชירה เกรอด
ที่ได้แนะนำแนวทางการวิจัยและให้คำปรึกษาในด้านวิชาการต่าง ๆ ด้วยความกรุณาอย่างยิ่ง

ขอขอบคุณ คุณวิรัช มงคลศรี คุณกิตติพงษ์ ชนศานติ และคุณเสกสรร ลีคนาวิฑู ที่ได้
เอื้อเฟื้อและอนุเคราะห์ระหว่างการวิจัย

ความดีของวิทยานิพนธ์นี้ ขอมอบแด่บุพการี ซึ่งได้สนับสนุนทางด้านการศึกษาของผู้วิจัย
มาโดยตลอด



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สารบัญ

๗

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญรูป.....	ฎ
บทที่	
1. บทนำ.....	1
2. วัตถุประสงค์และขอบเขตของการวิจัย.....	3
2.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
2.2 ขอบเขตของการวิจัย.....	3
3. ทฤษฎีและแนวความคิด.....	5
3.1 ทฤษฎีของคอลลอยด์.....	6
3.1.1 สภาวะคงตัวของคอลลอยด์.....	6
3.2.2 สภาวะไม่คงตัวของคอลลอยด์.....	8
3.2 ทฤษฎีของการกวนเร็ว.....	8
3.2.1 ปฏิกริยาเคมีของสารส้มในน้ำ.....	9
3.2.2 กลไกทำลายสภาวะคงตัวของคอลลอยด์ด้วยสารส้ม.....	11
3.2.3 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อกลไกทำลายสภาวะคงตัวของคอลลอยด์.....	12
3.3 แนวความคิดของกระบวนการกวนเร็วในท่อ.....	20
3.3.1 เกณฑ์เริ่มต้นความเร็วของการกวนผสมในท่อ.....	23
3.3.2 เวลาพักของการกวนผสมในท่อ.....	25
4. การดำเนินการวิจัย.....	26
4.1 แผนการวิจัย.....	26
4.1.1 พารามิเตอร์ในการทดลอง.....	26
4.1.2 ลำดับการทดลอง.....	27

บทที่	ช หน้า
4.2	วัสดุอุปกรณ์ในการวิจัย..... 27
4.2.1	น้ำขุ่นสังเคราะห์..... 28
4.2.2	สารเคมี..... 28
4.2.3	กระบวนการต้นแบบ..... 30
4.2.4	อุปกรณ์วิเคราะห์ลักษณะสมบัติ..... 33
4.3	ลักษณะสมบัติของตะกอน..... 33
4.4	การควบคุมกระบวนการต้นแบบ..... 36
4.4.1	การควบคุมกระบวนการกวนเร็วในท่อ..... 36
4.4.2	การควบคุมกระบวนการผสมตะกอน..... 37
4.4.3	การควบคุมกระบวนการตกตะกอน..... 37
4.4.4	การควบคุมอัตราส่วนโมเมนต์พลิก..... 37
4.5	การดำเนินการทดลอง..... 38
5.	ผลการทดลองและวิจารณ์..... 40
5.1	ค่า G ที่อัตราน้ำไหลต่าง ๆ..... 40
5.2	ผลของ T ที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น..... 41
5.2.1	ที่ค่า G คงที่..... 41
5.2.2	ที่ค่า C คงที่..... 53
5.3	ผลของ G ที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น..... 63
5.4	ผลของ C ที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น..... 71
5.5	ความสัมพันธ์ระหว่าง T^* กับ G และ C , G^* กับ T และ C , C^* กับ G และ T 81
5.6	ผลของ GT ที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น..... 85
5.7	ความสัมพันธ์ระหว่าง GT^* และ C 85
5.8	ผลของ G และ C ที่มีต่อขนาดตะกอน..... 87
6.	สรุปผลการวิจัย..... 89
7.	ความสำคัญทางวิศวกรรม..... 90

บทที่	ณ
	หน้า
8. ข้อเสนอแนะในการวิจัยเพิ่มเติม.....	91
เอกสารอ้างอิง.....	92
ภาคผนวก.....	98
ประวัติผู้วิจัย.....	124



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 ค่าแปรของ G T และ C ในการทดลอง.....	27
4.2 ค่า a และ K_p ที่อัตราส่วน ALT ต่าง ๆ.....	36
4.3 ค่า G และ T ที่อัตราไหลต่าง ๆ ของน้ำขุ่นสังเคราะห์.....	36
4.4 ค่า SOR ที่เวลาตกตะกอนต่าง ๆ.....	37
4.5 ค่า Q_s และ C_0 ที่อัตราไหลต่าง ๆ ของน้ำขุ่นสังเคราะห์และที่ปริมาณ สารส้มต่าง ๆ.....	38
5.1 แสดงค่า T^* ที่ G และ C ต่าง ๆ เมื่อ SOR มีค่าเท่ากับ 1.5 ม./ชม.	49
5.2 แสดงค่า T^* ที่ G และ C ต่าง ๆ เมื่อ SOR มีค่าเท่ากับ 1.0 ม./ชม.	50
5.3 แสดงค่า T^* ที่ G และ C ต่าง ๆ เมื่อ SOR มีค่าเท่ากับ 0.5 ม./ชม.	50
5.4 แสดงค่า G^* ที่ T และ C ต่าง ๆ เมื่อ SOR มีค่าเท่ากับ 1.5 ม./ชม.	68
5.5 แสดงค่า G^* ที่ T และ C ต่าง ๆ เมื่อ SOR มีค่าเท่ากับ 1.0 ม./ชม.	69
5.6 แสดงค่า G^* ที่ T และ C ต่าง ๆ เมื่อ SOR มีค่าเท่ากับ 0.5 ม./ชม.	69
5.7 แสดงค่า C^* ที่ G และ T ต่าง ๆ เมื่อ SOR มีค่าเท่ากับ 1.5 ม./ชม.	78
5.8 แสดงค่า C^* ที่ G และ T ต่าง ๆ เมื่อ SOR มีค่าเท่ากับ 1.0 ม./ชม.	78
5.9 แสดงค่า C^* ที่ G และ T ต่าง ๆ เมื่อ SOR มีค่าเท่ากับ 0.5 ม./ชม.	79
5.10 แสดงค่า v_r ที่ G และ C ต่าง ๆ เมื่อ T มีค่าเท่ากับ 6 วินาที.....	80

ศูนย์วิทยทรัพยากร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตารางภาคผนวก

ตารางที่	หน้า
1. ความชุ่มที่เหลือและประสิทธิภาพในการกำจัดความชุ่มที่ SOR 1.5 ม./ชม. G 295 วินาที ⁻¹	108
2. ความชุ่มที่เหลือและประสิทธิภาพในการกำจัดความชุ่มที่ SOR 1.5 ม./ชม. G 795 วินาที ⁻¹	109
3. ความชุ่มที่เหลือและประสิทธิภาพในการกำจัดความชุ่มที่ SOR 1.5 ม./ชม. G 1420 วินาที ⁻¹	110
4. ความชุ่มที่เหลือและประสิทธิภาพในการกำจัดความชุ่มที่ SOR 1.5 ม./ชม. G 2180 วินาที ⁻¹	111
5. ความชุ่มที่เหลือและประสิทธิภาพในการกำจัดความชุ่มที่ SOR 1.5 ม./ชม. G 3050 วินาที ⁻¹	112
6. ความชุ่มที่เหลือและประสิทธิภาพในการกำจัดความชุ่มที่ SOR 1.0 ม./ชม. G 295 วินาที ⁻¹	113
7. ความชุ่มที่เหลือและประสิทธิภาพในการกำจัดความชุ่มที่ SOR 1.0 ม./ชม. G 795 วินาที ⁻¹	114
8. ความชุ่มที่เหลือและประสิทธิภาพในการกำจัดความชุ่มที่ SOR 1.0 ม./ชม. G 1420 วินาที ⁻¹	115
9. ความชุ่มที่เหลือและประสิทธิภาพในการกำจัดความชุ่มที่ SOR 1.0 ม./ชม. G 2180 วินาที ⁻¹	116
10. ความชุ่มที่เหลือและประสิทธิภาพในการกำจัดความชุ่มที่ SOR 1.0 ม./ชม. G 3050 วินาที ⁻¹	117
11. ความชุ่มที่เหลือและประสิทธิภาพในการกำจัดความชุ่มที่ SOR 0.5 ม./ชม. G 295 วินาที ⁻¹	118
12. ความชุ่มที่เหลือและประสิทธิภาพในการกำจัดความชุ่มที่ SOR 0.5 ม./ชม. G 795 วินาที ⁻¹	119

ตารางที่

ฎ
หน้า

13. ความชุ่มที่เหลือและประสิทธิภาพในการกำจัดความชุ่มที่ SOR 0.5 ม./ชม. G 1420 วินาที ⁻¹	120
14. ความชุ่มที่เหลือและประสิทธิภาพในการกำจัดความชุ่มที่ SOR 0.5 ม./ชม. G 2180 วินาที ⁻¹	121
15. ความชุ่มที่เหลือและประสิทธิภาพในการกำจัดความชุ่มที่ SOR 0.5 ม./ชม. G 3050 วินาที ⁻¹	122
16. ขนาดตะกอนที่ T 6 วินาที.....	123
17. ลักษณะสมบัติทางชลศาสตร์และค่า G ของการทวนเร็วในท่อ.....	123



ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
3.1	5
3.2	7
3.3	9
3.4	10
3.5	11
3.6	13
3.7	15
3.8	16
3.9	18
3.10	22
4.1	29
4.2	31
4.3	32
4.4	33
4.5	35
4.6	35
5.1	41
5.2	42

5.42 ความสัมพันธ์ระหว่าง C กับประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่แต่ละค่า G เมื่อ SOR เท่ากับ 1.5 ม./ชม. T เท่ากับ 3 วินาที.....	72
5.43 ความสัมพันธ์ระหว่าง C กับประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่แต่ละค่า G เมื่อ SOR เท่ากับ 1.5 ม./ชม. T เท่ากับ 6 วินาที.....	73
5.44 ความสัมพันธ์ระหว่าง C กับประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่แต่ละค่า G เมื่อ SOR เท่ากับ 1.5 ม./ชม. T เท่ากับ 12 วินาที.....	73
5.45 ความสัมพันธ์ระหว่าง C กับประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่แต่ละค่า G เมื่อ SOR เท่ากับ 1.0 ม./ชม. T เท่ากับ 1 วินาที.....	74
5.46 ความสัมพันธ์ระหว่าง C กับประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่แต่ละค่า G เมื่อ SOR เท่ากับ 1.0 ม./ชม. T เท่ากับ 3 วินาที.....	74
5.47 ความสัมพันธ์ระหว่าง C กับประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่แต่ละค่า G เมื่อ SOR เท่ากับ 1.0 ม./ชม. T เท่ากับ 6 วินาที.....	75
5.48 ความสัมพันธ์ระหว่าง C กับประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่แต่ละค่า G เมื่อ SOR เท่ากับ 1.0 ม./ชม. T เท่ากับ 12 วินาที.....	75
5.49 ความสัมพันธ์ระหว่าง C กับประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่แต่ละค่า G เมื่อ SOR เท่ากับ 0.5 ม./ชม. T เท่ากับ 1 วินาที.....	76
5.50 ความสัมพันธ์ระหว่าง C กับประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่แต่ละค่า G เมื่อ SOR เท่ากับ 0.5 ม./ชม. T เท่ากับ 3 วินาที.....	76
5.51 ความสัมพันธ์ระหว่าง C กับประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่แต่ละค่า G เมื่อ SOR เท่ากับ 0.5 ม./ชม. T เท่ากับ 6 วินาที.....	77
5.52 ความสัมพันธ์ระหว่าง C กับประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่แต่ละค่า G เมื่อ SOR เท่ากับ 0.5 ม./ชม. T เท่ากับ 12 วินาที.....	77
5.53 ความสัมพันธ์ระหว่าง G กับ T^* ที่ C 5 ถึง 30 มก./ล. และ SOR 1.5 ม./ชม.....	82
5.54 ความสัมพันธ์ระหว่าง C กับ T^* ที่ G 295 ถึง 3050 วินาที ⁻¹ และ SOR 1.5 ม./ชม.....	82

รูปที่	๓ หน้า
5.55 ความสัมพันธ์ระหว่าง T กับ G^* ที่ C 5 ถึง 30 มก./ล. และ SOR 1.5 ม./ชม.....	83
5.56 ความสัมพันธ์ระหว่าง C กับ G^* ที่ T 1 ถึง 12 วินาที และ SOR 1.5 ม./ชม.....	83
5.57 ความสัมพันธ์ระหว่าง G กับ C^* ที่ T 1 ถึง 12 วินาที และ SOR 1.5 ม./ชม.....	84
5.58 ความสัมพันธ์ระหว่าง T กับ C^* ที่ G 295 ถึง 3050 วินาที ⁻¹ และ SOR 1.5 ม./ชม.....	84
5.59 ความสัมพันธ์ระหว่างผลคูณ GT กับประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่แต่ละค่า C เมื่อ SOR เท่ากับ 1.5 ม./ชม.....	86
5.60 ความสัมพันธ์ระหว่างผลคูณ GT^* กับ C เมื่อ SOR เท่ากับ 1.5 ม./ชม....	86
5.61 ความสัมพันธ์ระหว่าง G กับขนาดตะกอนที่แต่ละค่า C เมื่อ T เท่ากับ 6 วินาที.....	88
5.62 ความสัมพันธ์ระหว่าง C กับขนาดตะกอนที่แต่ละค่า G เมื่อ T เท่ากับ 6 วินาที.....	88

ศูนย์วิทยทรัพยากร
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย