การศึกษาถังไซลิคคอนแทคแคลริไฟเออร์ที่ใช้กระเบื้องลอนคู่กับทราย

นายพิศาล ขยันสำรวจ

007355

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2525

ISBN 974-561-161-1

I16710927

A STUDY OF A SOLID CONTACT CLARIFIER USING ASBESTOS CORRUGATED SHEET AND SAND

Mr. Pisan Kayansumruaj

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Sanitary Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1982

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาถังโซลิดคอนแทคแคลริไฟเออร์ที่ใช้กระเบื้องลอนคู่กับทราย
โดย	นายพิศาล ขยันสำรวจ
ภาควิชา	วิศวกรรมสุขาภิบาล
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. ธีระ เกรอต

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดี บัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. สุประดิษฐ์ บุนนาค)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ สวัสดิ์ ธรรมิกรักษ์)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. ธีระ เกรอต)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธงชัย พรรณสวัสดิ์)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาถังไซลิดคอนแทคแคลริไฟเออร์ที่ใช้กระเบื้องลอนคู่กับทราย
ชื่อนิสิต	นายพิศาล ขยันสำรวจ
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. ธีระ เกรอต
ภาควิชา	วิศวกรรมสุขาภิบาล
ปีการศึกษา	2524

บทคัดย่อ

จุดประสงค์ของการวิจัยนี้ทำขึ้นเพื่อหาลักษณะที่เหมาะสมของการใช้กระเบื้องลอนคู่ขนาดกับความลึกของชั้นทรายและอัตราน้ำล้นที่เหมาะสม การทดลองใช้ถังไซลิดคอนแทคแคลริไฟเออร์ที่ใช้กระเบื้องลอนคู่กับทรายชนิดแบบทดลอง ทำด้วยเหล็กชนิดแผ่นเรียบกับแผ่นพลาสติคใส ขนาดสูงทั้งหมด 1.70 เมตร กว้าง 0.50 เมตร ยาวจาก 0.60 ถึง 1.90 เมตร และติดตั้งที่โรงกรองน้ำที่ 4 ของโรงกรองน้ำสามเสน การประปานครหลวง กรุงเทพมหานคร น้ำดิบที่ใช้ในการทดลองมาจากคลองประปา

ตัวแปรที่ศึกษาได้แก่ ขนาดและความลึกของชั้นทราย, ลักษณะการวางลอนของกระเบื้องลอนคู่ อัตราน้ำล้นและมุมเอียงของแผ่นกระเบื้องขนาน ประสิทธิภาพการทำงานของถัง วัดโดยการกำจัดความขุ่นและของแข็งแขวนลอย

ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า ที่อัตราน้ำล้นต่ำ ๆ จาก 1.7-6.8 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. การใช้ทรายในถังไซลิดคอนแทคแคลริไฟเออร์จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นและของแข็งแขวนลอย ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นและของแข็งแขวนลอยดีที่สุดเกิดขึ้นเมื่อใช้ทรายขนาด 5-10 มม. ความลึกชั้นทราย 20 ซม. โดยประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นแปรจาก 86.52 % ถึง 96.66 % และประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยแปรจาก 79.48 % ถึง 98.61 % สำหรับที่อัตราน้ำล้นสูง ๆ จาก 6.8-12.6 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นและของแข็งแขวนลอย เมื่อไม่ใช้ทรายจะสูงกว่าใช้ทรายที่มีขนาดและความลึกต่าง ๆ กัน

มุมเอียงของแผ่นกระเบื้องขนานที่เหมาะสมจะขึ้นกับอัตราน้ำล้น, ขนาดและความลึกของชั้นทราย และลักษณะการวางลอนของกระเบื้องลอนคู่

การวางมุมลอนของกระเบื้องลอนคู่จะขึ้นอยู่กับอัตราน้ำล้น โดยที่อัตราน้ำล้นต่ำ ๆ ช่วงจาก 3.4-6.8 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. การวางลอนกระเบื้องให้ทำมุม 30^{0} กับทิศทางการไหลของน้ำจะให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นและของแข็งแขวนลอยดีที่สุด ซึ่งมีประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นแปรจาก 94.00 % ถึง 97.14 % และประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยแปรจาก 91.67 % ถึง 98.82 % ที่อัตราน้ำล้นสูง ๆ ช่วงจาก 6.8 ถึง 12.6 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. การวางลอนกระเบื้องให้ทำมุม 90^{0} (ตั้งฉาก) กับทิศทางการไหลของน้ำจะให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นและของแข็งแขวนลอยดีที่สุด ซึ่งมีประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นแปรจาก 86.00 ถึง 95.71 % และประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยแปรจาก 91.67 % ถึง 98.82 %

Thesis Title	A Study of a Solid Contact Clarifier Using Asbestos Corrugated Sheet and Sand
Name	Mr. Pisan Kayansumruaj
Thesis Advisor	Associate Professor Theera Karot, Ph.D.
Department	Sanitary Engineering
Academic Year	1981

ABSTRACT

The purpose of this research was to determine the optimum arrangement of corrugated sheets, sizes and depths of sand and the optimum overflow rates. A pilot scale solids contact clarifier using corrugated sheets and sand was constructed with flats plates and polyplastic plates with dimensions of 0.50 meters wide, 1.70 meters deep and 0.60-1.90 meters long. This pilot clarifier was installed at the filtration plant No. 4 of Samsaen filtration plant, Metropolitan Water Works Authority, Bangkok. Raw water used in the experiment was taken from Klong Pra-Pa.

Variables investigated included sizes and depths of sand, installation angles of corrugate, overflow rates and angles of parallel corrugated sheets. The efficiency of the system was measured by turbidity and suspended solids removal.

The experimental results indicated that at low overflow rates from 1.7 to 6.8 cu.m/sq.m-hr. using of sand improved turbidity and suspended solids removal efficiencies. The best turbidity and suspended solid removal efficiency obtained when using sand with 5-10 mm. diameter and 20 cm. depth.

The range of turbidity removal varies from 86.52 % to 96.66 % and suspended solids removal varies from 79.46 % to 98.61 %. At high overflow rates, 6.8-12.6 cu.m./sq.m.-hr., the best turbidity and suspended solid removal obtained when no sand was used.

The optimum angle of inclined corrugated sheets depended on overflow rate, size and depth of sand and installation angle of the corrugate.

The installation angle of the corrugate depended on overflow rates. At low overflow rates, from 3.4 to 6.8 cu.m/sq.m-hr., the installation angle of the corrugated of 30^{o} to the direction of flow gave better turbidity and suspended solids removal. The turbidity removal varies from 94.00 % to 97.14 % and the suspended solids removal varies from 91.67 % to 98.82 %. At high overflow rates, from 6.8 to 12.6 cu.m./sq.m.-hr., the installation angle of the corrugate of 90^{o} to the direction of flow gave better turbidity and suspended solids removal. The turbidity removal varies from 86.00 % to 95.71 % and the suspended solids removal varies from 70.00 % to 98.21 %

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ธีระ เกรอต ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมการวิจัย ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำเป็นที่ปรึกษา ตลอดจนตรวจแก้ไขจนวิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ขอขอบพระคุณ กองโรงกรองน้ำสามเสน-ธนบุรีและกองควบคุมคุณภาพน้ำการประปานครหลวงที่ได้กรุณาให้สถานที่ในการวิจัย ตลอดจนห้องปฏิบัติทดลองและคณาจารย์และเจ้าหน้าที่ในภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาลทุกท่านที่ได้กรุณาให้คำแนะนำและช่วยเหลือด้านต่าง ๆ

อนึ่ง ในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ ผู้วิจัยได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการทำให้การวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ จึงขอแสดงความขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

สุดท้ายนี้ ความดีหรือประโยชน์ทั้งหลายของวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ผู้วิจัยขอมอบให้คุณพ่อคุณแม่ ซึ่งเป็นผู้มีพระคุณสูงสุดของผู้วิจัย

นายพิศาล ขยันสำรวจ

สารบาญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ข

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ช

สารบาญ ..... ช

รายการตารางประกอบ ..... ฎ

รายการรูปประกอบ ..... ฎ

ศัพท์ ..... น

บทที่

1. บทนำ 1

1.1 กล่าวโดยทั่วไป 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 3

1.3 ขอบเขตการวิจัย 3

2. ประวัติความเป็นมา 4

2.1 การรวมตะกอน 4

2.2 การตกตะกอน 11

2.3 ถังโซลิดคอนแทคแคลริไฟเออร์ 13

3. ทฤษฎี 18

3.1 ทฤษฎีการรวมตะกอน 18

3.1.1 ระบบของคอลลอยด์ 18

3.1.2 การขนส่งอนุภาค 19

3.2 หลักไฮโดรไดนามิคของถังทำน้ำใสแบบชั้นตะกอน 24

3.3 การทำงานของถังโซลิดคอนแทคแคลริไฟเออร์ที่ใช้แผ่นขนานเอียง .. 25

บทที่		หน้า
4.	วัสดุและวิธีการวิจัย	28
	4.1 น้ำดิบ	28
	4.2 สารเคมี	30
	4.3 ระบบการทดลองและเครื่องมือ	30
	4.4 การดำเนินการทดลอง	38
	4.5 การวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำ	45
5.	ผลการทดลองและวิจารณ์	47
	5.1 ผลของขนาดและความลึกของชั้นทรายต่อการทำงานของถังไซลิดคอนแทคแคลริไฟเออร์	47
	5.1.1 ผลของขนาดและความลึกชั้นทรายที่มีต่อความสัมพันธ์ระหว่างการกำจัดความขุ่นและการกำจัดของแข็งแขวนลอยกับอัตราน้ำล้นของถังไซลิดคอนแทคแคลริไฟเออร์	47
	5.1.2 ผลของขนาดและความลึกของชั้นทรายที่มีต่อความสัมพันธ์ระหว่างการกำจัดความขุ่นและของแข็งแขวนลอยกับมุมเอียงของแผ่นกระเบื้องขนาน	60
	5.1.3 การเลือกขนาดและความลึกชั้นทรายที่เหมาะสม	64
	5.2 ผลของลักษณะการวางลอนของกระเบื้องลอนคู่ที่มีต่อการทำงานของถังไซลิดคอนแทคแคลริไฟเออร์	70
	5.2.1 ผลของลักษณะการวางลอนของกระเบื้องที่มีต่อความสัมพันธ์ระหว่างการกำจัดความขุ่นและการกำจัดของแข็งแขวนลอยกับอัตราน้ำล้นของถังไซลิดคอนแทคแคลริไฟเออร์	70
	5.2.2 ผลของลักษณะการวางลอนกระเบื้องที่มีต่อความสัมพันธ์ระหว่างการกำจัดความขุ่นและการกำจัดของแข็งแขวนลอยกับมุมเอียงของแผ่นกระเบื้องขนาน	81

บทที่ หน้า

5.2.3 การเลือกลักษณะการวางลอนกระเบื้องที่เหมาะสม 84
5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของแข็งแขวนลอยกับระดับของชั้นตะกอน 93
5.3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของแข็งแขวนลอยกับระดับของชั้นตะกอนเมื่อวางลอนกระเบื้องทำมุม 90^{0} กับทิศทางการไหลของน้ำ 93
5.3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของแข็งแขวนลอยกับระดับของชั้นตะกอนเมื่อวางลอนกระเบื้องทำมุม 45^{0} กับทิศทางการไหลของน้ำ 97
5.3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของแข็งแขวนลอยกับระดับของชั้นตะกอนเมื่อวางลอนกระเบื้องทำมุม 30^{0} กับทิศทางการไหลของน้ำ 97
5.3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของแข็งแขวนลอยกับระดับของชั้นตะกอนเมื่อวางลอนกระเบื้องทำมุม 45^{0} กับทิศทางการไหลของน้ำ 97
6. สรุปผลการทดลอง 108
7. ข้อแนะนำในการวิจัยเพิ่มเติม 110
บรรณานุกรม 111
ภาคผนวก 115
ประวัติ 118

รายการตารางประกอบ

ตารางที่ หน้า

4.1 สรุปคุณสมบัติน้ำดิบ 29

4.2 ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการทำงานของถังโซลิดคอนแทค แคลริไฟเออร์ที่ใช้กระเบื้องลอนคู่กับทราย 39

รายการรูปประกอบ

รูปที่		หน้า
2.1	คุณสมบัติและลักษณะของใบพัด	7
2.2	ถังโซลิดคอนแทคแคลริไฟเออร์แบบ Mechanically agitated bed	15
2.3	ถังโซลิดคอนแทคแคลริไฟเออร์แบบ Hydraulically fluidized bed	15
2.4	ถังโซลิดคอนแทคแคลริไฟเออร์แบบ Sludge Circulation	15
2.5	ถังโซลิดคอนแทคแคลริไฟเออร์แบบ Unsteady discharge	16
2.6	ถังโซลิดคอนแทคแคลริไฟเออร์แบบ Hopper bottom hydraulically fluidized	16
3.1	แสดงการไหลของน้ำระหว่างแผ่นขนานเอียงภายในถังโซลิดคอนแทคแคลริไฟเออร์	26
4.1	แผนผังระบบการทดลองถังโซลิดคอนแทคแคลริไฟเออร์ที่ใช้กระเบื้องลอนคู่กับทราย	31
4.2	บ่อพักน้ำดิบ	32
4.3	บ่อผสมน้ำดิบกับสารส้ม	32
4.4	ถังควบคุมการจ่ายสารส้ม	33
4.5	ขนาดของถังโซลิดคอนแทคแคลริไฟเออร์ที่ใช้กระเบื้องลอนคู่กับทราย	34
4.6	รูปตัดถังโซลิดคอนแทคแคลริไฟเออร์ที่ใช้กระเบื้องลอนคู่กับทราย	35
4.7	แสดงการติดตั้งถังโซลิดคอนแทคแคลริไฟเออร์ที่ใช้กระเบื้องลอนคู่กับทราย	36
4.8	ขนาดของทราย	41
4.9	ลักษณะการวางลอนกระเบื้อง	42
4.10	เครื่องวัดความขุ่น	46
4.11	เครื่องวัด pH	46
5.1	ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นกับอัตราน้ำล้นเมื่อใช้ทรายขนาด 5-10 มม. ความลึกชั้นทราย 20 ซม. ลอนกระเบื้องทำมุม 90^{0} กับทิศทางการไหลของน้ำ	48

รูปที่ หน้า

5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นกับอัตราน้ำล้นเมื่อใช้ทรายขนาด 5-10 มม. ความลึกชั้นทราย 20 ซม. ลอนกระเบื้องทำมุม 90^0 กับทิศทางการไหลของน้ำ 48

5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างของแข็งแขวนลอยกับอัตราน้ำล้นเมื่อใช้ทรายขนาด 5-10 มม. ความลึกชั้นทราย 20 ซม. ลอนกระเบื้องทำมุม 90^0 กับทิศทางการไหลของน้ำ 49

5.4 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยกับอัตราน้ำล้นเมื่อใช้ทรายขนาด 5-10 มม. ความลึกชั้นทราย 20 ซม. ลอนกระเบื้องทำมุม 90^0 กับทิศทางการไหลของน้ำ 49

5.5 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นกับอัตราน้ำล้นเมื่อใช้ทรายขนาด 5-10 มม. ความลึกชั้นทราย 40 ซม. ลอนกระเบื้องทำมุม 90^0 กับทิศทางการไหลของน้ำ ... 51

5.6 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นกับอัตราน้ำล้นเมื่อใช้ทรายขนาด 5-10 มม. ความลึกชั้นทราย 40 ซม. ลอนกระเบื้องทำมุม 90^0 กับทิศทางการไหลของน้ำ 51

5.7 ความสัมพันธ์ระหว่างของแข็งแขวนลอยกับอัตราน้ำล้นเมื่อใช้ทรายขนาด 5-10 มม. ความลึกชั้นทราย 40 ซม. ลอนกระเบื้องทำมุม 90^0 กับทิศทางการไหลของน้ำ 52

5.8 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยกับอัตราน้ำล้นเมื่อใช้ทรายขนาด 5-10 มม. ความลึกชั้นทราย 40 ซม. ลอนกระเบื้องทำมุม 90^0 กับทิศทางการไหลของน้ำ 52

5.9 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นกับอัตราน้ำล้นเมื่อใช้ทรายขนาด 1-5 มม. ความลึกชั้นทราย 20 ซม. ลอนกระเบื้องทำมุม 90^0 กับทิศทางการไหลของน้ำ ... 53

5.10 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นกับอัตราน้ำล้นเมื่อใช้ทรายขนาด1-5 มม. ความลึกชั้นทราย 20 ซม. ลอนกระเบื้องทำมุม 90^0 กับทิศทางการไหลของน้ำ 53

รูปที่ หน้า

5.11 ความสัมพันธ์ระหว่างของแข็งแขวนลอยกับอัตราน้ำล้นเมื่อใช้ทรายขนาด 1-5 มม. ความลึกชั้นทราย 20 ซม. ลอนกระเบื้องทำมุม 90^0 กับทิศทางการไหลของน้ำ 54

5.12 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยกับอัตราน้ำล้นเมื่อใช้ทรายขนาด 1-5 มม. ความลึกชั้นทราย 20 ซม. ลอนกระเบื้องทำมุม 90^0 กับทิศทางการไหลของน้ำ 54

5.13 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นกับอัตราน้ำล้นเมื่อใช้ทรายขนาด 1-5 มม. ความลึกชั้นทราย 40 ซม. ลอนกระเบื้องทำมุม 90^0 กับทิศทางการไหลของน้ำ .. 56

5.14 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นกับอัตราน้ำล้นเมื่อใช้ทรายขนาด 1-5 มม. ความลึกชั้นทราย 40 ซม. ลอนกระเบื้องทำมุม 90^0 กับทิศทางการไหลของน้ำ 56

5.15 ความสัมพันธ์ระหว่างของแข็งแขวนลอยกับอัตราน้ำล้นเมื่อใช้ทรายขนาด 1-5 มม. ความลึกชั้นทราย 40 ซม. ลอนกระเบื้องทำมุม 90^0 กับทิศทางการไหลของน้ำ 57

5.16 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยกับอัตราน้ำล้นเมื่อใช้ทรายขนาด 1-5 มม. ความลึกชั้นทราย 40 ซม. ลอนกระเบื้องทำมุม 90^0 กับทิศทางการไหลของน้ำ 57

5.17 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นกับอัตราน้ำล้นเมื่อไม่ใช้ทราย ลอนกระเบื้องทำมุม 90^0 กับทิศทางการไหลของน้ำ 58

5.18 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นกับอัตราน้ำล้นเมื่อไม่ใช้ทราย ลอนกระเบื้องทำมุม 90^0 กับทิศทางการไหลของน้ำ 58

5.19 ความสัมพันธ์ระหว่างของแข็งแขวนลอยกับอัตราน้ำล้นเมื่อไม่ใช้ทรายลอนกระเบื้องทำมุม 90^0 กับทิศทางการไหลของน้ำ 59

5.20 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยกับอัตราน้ำล้นเมื่อไม่ใช้ทราย ลอนกระเบื้องทำมุม 90^0 กับทิศทางการไหลของน้ำ 59

รูปที่ หน้า

5.21 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นกับมุมเอียงของแผ่นกระเบื้องขนาน เมื่อใช้ทรายขนาด 5-10 มม. ความลึกชั้นทราย 20 ซม. ลอนกระเบื้องทำมุม 90^{0} กับทิศทางการไหลของน้ำ 61

5.22 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยกับมุมเอียงของแผ่นกระเบื้องขนาน เมื่อใช้ทรายขนาด 5-10 มม. ความลึกชั้นทราย 20 ซม. ลอนกระเบื้องทำมุม 90^{0} กับทิศทางการไหลของน้ำ 61

5.23 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นกับมุมเอียงของแผ่นกระเบื้องขนานเมื่อใช้ทรายขนาด 5-10 มม. ความลึกชั้นทราย 40 ซม. ลอนกระเบื้องทำมุม 90^{0} กับทิศทางการไหลของน้ำ 62

5.24 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยกับมุมเอียงของแผ่นกระเบื้องขนานเมื่อใช้ทรายขนาด 5-10 มม. ความลึกชั้นทราย 40 ซม. ลอนกระเบื้องทำมุม 90^{0} กับทิศทางการไหลของน้ำ 62

5.25 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นกับมุมเอียงของแผ่นกระเบื้องขนานเมื่อใช้ทรายขนาด 1-5 มม. ความลึกชั้นทราย 20 ซม. ลอนกระเบื้องทำมุม 90^{0} กับทิศทางการไหลของน้ำ 63

5.26 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยกับมุมเอียงของแผ่นกระเบื้องขนาน เมื่อใช้ทรายขนาด 1-5 มม. ความลึกชั้นทราย 20 ซม. ลอนกระเบื้องทำมุม 90^{0} กับทิศทางการไหลของน้ำ 63

5.27 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นกับมุมเอียงของแผ่นกระเบื้องขนาน เมื่อใช้ทรายขนาด 1-5 มม. ความลึกชั้นทราย 40 ซม. ลอนกระเบื้องทำมุม 90^{0} กับทิศทางการไหลของน้ำ 65

5.28 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยกับมุมเอียงของแผ่นกระเบื้องขนานเมื่อใช้ทรายขนาด 1-5 มม. ความลึกชั้นทราย 40 ซม. ลอนกระเบื้องทำมุม 90^{0} กับทิศทางการไหลของน้ำ 65

รูปที่ หน้า

5.29 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นกับมุมเอียงของแผ่นกระเบื้องขนาน เมื่อไม่ใช้ทราย ลอนกระเบื้องทำมุม 90^0 กับทิศทางการไหลของน้ำ .. 66

5.30 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยกับมุมเอียงของแผ่นกระเบื้องขนาน เมื่อไม่ใช้ทราย ลอนกระเบื้องทำมุม 90^0 กับทิศทางการไหลของน้ำ 66

5.31 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นกับอัตราน้ำล้น เมื่อวางลอนกระเบื้องทำมุม 90^0 กับทิศทางการไหลของน้ำและมุมเอียงของแผ่นกระเบื้องขนาน 75^0 67

5.32 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยกับอัตราน้ำล้น เมื่อวางลอนกระเบื้องทำมุม 90^0 กับทิศทางการไหลของน้ำและมุมเอียงของแผ่นกระเบื้องขนาน 75^0 67

5.33 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นกับอัตราน้ำล้น เมื่อวางลอนกระเบื้องทำมุม 90^0 กับทิศทางการไหลของน้ำและมุมเอียงของแผ่นกระเบื้องขนาน 60^0 68

5.34 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยกับอัตราน้ำล้น เมื่อวางลอนกระเบื้องทำมุม 90^0 กับทิศทางการไหลของน้ำและมุมเอียงของแผ่นกระเบื้องขนาน 60^0 68

5.35 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นกับอัตราน้ำล้น เมื่อวางลอนกระเบื้องทำมุม 90^0 กับทิศทางการไหลของน้ำและมุมเอียงของแผ่นกระเบื้องขนาน 45^0 69

5.36 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยกับอัตราน้ำล้น เมื่อวางลอนกระเบื้องทำมุม 90^0 กับทิศทางการไหลของน้ำและมุมเอียงของแผ่นกระเบื้องขนาน 45^0 69

5.37 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นกับอัตราน้ำล้น เมื่อไม่ใช้ทราย ลอนกระเบื้องทำมุม 90^0 กับทิศทางการไหลของน้ำ 72

รูปที่ หน้า

5.38 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นกับอัตราน้ำล้น เมื่อไม่ใช้ทราย ลอนกระเบื้องทำมุม 90^{0} กับทิศทางการไหลของน้ำ 72

5.39 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็งแขวนลอยกับอัตราน้ำล้น เมื่อไม่ใช้ทราย ลอนกระเบื้องทำมุม 90^{0} กับทิศทางการไหลของน้ำ 73

5.40 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยกับอัตราน้ำล้น เมื่อไม่ใช้ทราย ลอนกระเบื้องทำมุม 90^{0} กับทิศทางการไหลของน้ำ 73

5.41 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นกับอัตราน้ำล้น เมื่อไม่ใช้ทราย ลอนกระเบื้องทำมุม 45^{0} กับทิศทางการไหลของน้ำ 74

5.42 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นกับอัตราน้ำล้น เมื่อไม่ใช้ทราย ลอนกระเบื้องทำมุม 45^{0} กับทิศทางการไหลของน้ำ 74

5.43 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็งแขวนลอยกับอัตราน้ำล้น เมื่อไม่ใช้ทราย ลอนกระเบื้องทำมุม 45^{0} กับทิศทางการไหลของน้ำ 75

5.44 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพความกำจัดของแข็งแขวนลอยกับอัตราน้ำล้น เมื่อไม่ใช้ทราย ลอนกระเบื้องทำมุม 45^{0} กับทิศทางการไหลของน้ำ 75

5.45 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นกับอัตราน้ำล้น เมื่อไม่ใช้ทราย ลอนกระเบื้องทำมุม 30^{0} กับทิศทางการไหลของน้ำ 77

5.46 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นกับอัตราน้ำล้น เมื่อไม่ใช้ทราย ลอนกระเบื้องทำมุม 30^{0} กับทิศทางการไหลของน้ำ 77

5.47 ความสัมพันธ์ระหว่างของแข็งแขวนลอยกับอัตราน้ำล้น เมื่อไม่ใช้ทราย ลอนกระเบื้องทำมุม 30^{0} กับทิศทางการไหลของน้ำ 78

5.48 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยกับอัตราน้ำล้น เมื่อไม่ใช้ทราย ลอนกระเบื้องทำมุม 30^{0} กับทิศทางการไหลของน้ำ 78

5.49 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นกับอัตราน้ำล้น เมื่อไม่ใช้ทราย ลอนกระเบื้องทำมุม 0^{0} กับทิศทางการไหลของน้ำ 79

รูปที่ หน้า

5.50 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นกับอัตราน้ำล้น เมื่อไม่ใช้ทราย ลอนกระเบื้องทำมุม 0^0 กับทิศทางการไหลของน้ำ 79

5.51 ความสัมพันธ์ระหว่างของแข็งแขวนลอยกับอัตราน้ำล้น เมื่อไม่ใช้ทราย ลอนกระเบื้องทำมุม 0^0 กับทิศทางการไหลของน้ำ 80

5.52 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยกับอัตราน้ำล้น เมื่อไม่ใช้ทราย ลอนกระเบื้องทำมุม 0^0 กับทิศทางการไหลของน้ำ 80

5.53 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นกับมุมเอียงของแผ่นกระเบื้องขนาน เมื่อไม่ใช้ทราย ลอนกระเบื้องทำมุม 90^0 กับทิศทางการไหลของน้ำ ... 82

5.54 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยกับมุมเอียงของแผ่นกระเบื้องขนาน เมื่อไม่ใช้ทราย ลอนกระเบื้องทำมุม 90^0 กับทิศทางการไหลของน้ำ 82

5.55 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นกับมุมเอียงของแผ่นกระเบื้องขนาน เมื่อไม่ใช้ทราย ลอนกระเบื้องทำมุม 45^0 กับทิศทางการไหลของน้ำ 83

5.56 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยกับมุมเอียงของแผ่นกระเบื้องขนาน เมื่อไม่ใช้ทราย ลอนกระเบื้องทำมุม 45^0 กับทิศทางการไหลของน้ำ 83

5.57 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นกับมุมเอียงของแผ่นกระเบื้องขนาน เมื่อไม่ใช้ทราย ลอนกระเบื้องทำมุม 30^0 กับทิศทางการไหลของน้ำ 85

5.58 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยกับมุมเอียงของแผ่นกระเบื้องขนาน เมื่อไม่ใช้ทราย ลอนกระเบื้องทำมุม 30^0 กับทิศทางการไหลของน้ำ 85

5.59 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นกับมุมเอียงของแผ่นกระเบื้องขนาน เมื่อไม่ใช้ทราย ลอนกระเบื้องทำมุม 0^0 กับทิศทางการไหลของน้ำ 86

รูปที่ หน้า

5.60 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยกับมุมเอียงของแผ่นกระเบื้องขนาน เมื่อไม่ใช้ทราย ลอนกระเบื้องทำมุม 0^0 กับทิศทางการไหลของน้ำ 86

5.61 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นกับลอนกระเบื้องทำมุมกับทิศทางการไหลของน้ำ เมื่อไม่ใช้ทราย มุมเอียงของแผ่นกระเบื้องขนาน 75^0 ... 87

5.62 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยกับลอนกระเบื้องทำมุมกับทิศทางการไหลของน้ำ เมื่อไม่ใช้ทราย มุมเอียงของแผ่นกระเบื้องขนาน 75^0 87

5.63 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นกับลอนกระเบื้องทำมุมกับทิศทางการไหลของน้ำ เมื่อไม่ใช้ทราย มุมเอียงของแผ่นกระเบื้องขนาน 60^0 88

5.64 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยกับลอนกระเบื้องทำมุมกับทิศทางการไหลของน้ำ เมื่อไม่ใช้ทราย มุมเอียงของแผ่นกระเบื้องขนาน 60^0 88

5.65 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นกับลอนกระเบื้องทำมุมกับทิศทางการไหลของน้ำ เมื่อไม่ใช้ทราย มุมเอียงของแผ่นกระเบื้องขนาน 45^0 89

5.66 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยกับลอนกระเบื้องทำมุมกับทิศทางการไหลของน้ำ เมื่อไม่ใช้ทราย มุมเอียงของแผ่นกระเบื้องขนาน 45^0 89

5.67 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นกับอัตราน้ำล้น เมื่อไม่ใช้ทราย มุมเอียงของแผ่นกระเบื้องขนาน 75^0 90

5.68 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยกับอัตราน้ำล้น เมื่อไม่ใช้ทราย มุมเอียงของแผ่นกระเบื้องขนาน 75^0 90

5.69 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นกับอัตราน้ำล้น เมื่อไม่ใช้ทราย มุมเอียงของแผ่นกระเบื้องขนาน 60^0 91

รูปที่ หน้า

5.70 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยกับอัตราน้ำล้น เมื่อไม่ใช้ทราย มุมเอียงของแผ่นกระเบื้องขนาน 60^{0} 91

5.71 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นกับอัตราน้ำล้น เมื่อไม่ใช้ทราย มุมเอียงของแผ่นกระเบื้องขนาน 45^{0} 92

5.72 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยกับอัตราน้ำล้น เมื่อไม่ใช้ทราย มุมเอียงของแผ่นกระเบื้องขนาน 45^{0} 92

5.73 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับชั้นตะกอนกับความเข้มข้นของแข็งแขวนลอย เมื่อไม่ใช้ทราย ลอนกระเบื้องทำมุม 90^{0} กับทิศทางการไหลของน้ำ มุมเอียงของแผ่นกระเบื้องขนาน 75^{0} 94

5.74 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับชั้นตะกอนกับความเข้มข้นของแข็งแขวนลอย เมื่อไม่ใช้ทราย ลอนกระเบื้องทำมุม 90^{0} กับทิศทางการไหลของน้ำ มุมเอียงของแผ่นกระเบื้องขนาน 60^{0} 95

5.75 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับชั้นตะกอนกับความเข้มข้นของแข็งแขวนลอย เมื่อไม่ใช้ทราย ลอนกระเบื้องทำมุม 90^{0} กับทิศทางการไหลของน้ำ มุมเอียงของแผ่นกระเบื้องขนาน 45^{0} 96

5.76 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับชั้นตะกอนกับความเข้มข้นของแข็งแขวนลอย เมื่อไม่ใช้ทราย ลอนกระเบื้องทำมุม 45^{0} กับทิศทางการไหลของน้ำ มุมเอียงของแผ่นกระเบื้องขนาน 75^{0} 98

5.77 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับชั้นตะกอนกับความเข้มข้นของแข็งแขวนลอย เมื่อไม่ใช้ทราย ลอนกระเบื้องทำมุม 45^{0} กับทิศทางการไหลของน้ำ มุมเอียงของแผ่นกระเบื้องขนาน 60^{0} 99

5.78 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับชั้นตะกอนกับความเข้มข้นของแข็งแขวนลอย เมื่อไม่ใช้ทราย ลอนกระเบื้องทำมุม 45^{0} กับทิศทางการไหลของน้ำ มุมเอียงของแผ่นกระเบื้องขนาน 45^{0} 100

รูปที่ หน้า

5.79 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับชั้นตะกอนกับความเข้มข้นของแข็งแขวนลอย เมื่อไม่ใช้ทราย ลอนกระเบื้องทำมุม 30^0 กับทิศทางการไหลของน้ำ มุมเอียงของแผ่นกระเบื้องขนาน 75^0 101

5.80 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับชั้นตะกอนกับความเข้มข้นของแข็งแขวนลอย เมื่อไม่ใช้ทราย ลอนกระเบื้องทำมุม 30^0 กับทิศทางการไหลของน้ำ มุมเอียงของแผ่นกระเบื้องขนาน 60^0 102

5.81 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับชั้นตะกอนกับความเข้มข้นของแข็งแขวนลอย เมื่อไม่ใช้ทราย ลอนกระเบื้องทำมุม 30^0 กับทิศทางการไหลของน้ำ มุมเอียงของแผ่นกระเบื้องขนาน 45^0 103

5.82 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับชั้นตะกอนกับความเข้มข้นของแข็งแขวนลอย เมื่อไม่ใช้ทราย ลอนกระเบื้องทำมุม 0^0 กับทิศทางการไหลของน้ำ มุมเอียงของแผ่นกระเบื้องขนาน 75^0 104

5.83 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับชั้นตะกอนกับความเข้มข้นของแข็งแขวนลอย เมื่อไม่ใช้ทราย ลอนกระเบื้องทำมุม 0^0 กับทิศทางการไหลของน้ำ มุมเอียงของแผ่นกระเบื้องขนาน 60^0 105

5.84 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับชั้นตะกอนกับความเข้มข้นของแข็งแขวนลอย เมื่อไม่ใช้ทราย ลอนกระเบื้องทำมุม 0^0 กับทิศทางการไหลของน้ำ มุมเอียงของแผ่นกระเบื้องขนาน 45^0 106

ศัพท์

การรวมตะกอน	coagulation
การสมานตะกอน	flocculation
ของแข็งแขวนลอย	suspended Solid
ชั้นตะกอน	sludge blanket
ตะกอนสมาน	floc
แบบทดลอง	model, pilot scale
ความเข้มข้นของแข็งแขวนลอย	suspended solids concentration
อัตราน้ำล้น	overflow rate
อนุภาคโดด	discrete particles
สัมพรรคภาค	affinity
วัฏภาค	phase

กองสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย