หลอดตกตะกอนชนิดปรับมุมได้ในการบำบัดน้ำเสีย

ร.อ. ณรงค์ศักดิ์ ดีวัฒนากูล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ 2535
ISBN 974-581-561-6
ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

018134 I15221210

FLEXIBLE TUBE SETTLER IN WASTEWATER TREATMENT

Narongsak Deewattanarkul

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitter in Partial Fulfilment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering
Department of Environmental Engineering
Graduate School
Chulalongkorn University
1992

ISBN 974-581-561-6

หัวข้อวิทยานิพนธ์	หลอดตกตะกอนชนิดปรับมุมได้ในการบำบัดน้ำเสีย
โดย	ร.อ. ณรงค์ศักดิ์ ดีวัฒนากูล
ภาควิชา	วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษา	ศาสตราจารย์ ดร. ชงชัย พรรณสวัสดิ์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้ข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร. ถาวร วัชราภัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ไพพรรณ พรประภา)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ศาสตราจารย์ ดร. ชงชัย พรรณสวัสดิ์)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ สุรี ชาวเชียร)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. สุรพล สายพานิช)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

ณรงค์ศักดิ์ ดีวัฒนากูล : หลอดตกตะกอนชนิดปรับมุมได้ ในการบำบัดน้ำเสีย (Flexible Tube Settler in Wastewater Treatment) อ.ที่ปรึกษา : ศ.ดร. ธงชัย พรรณสวัสดิ์ 113 หน้า. ISBN 974-581-561-6

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ เป็นการศึกษาวิจัยหาระดับความเข้มข้นเอสเอสที่ผ่านเข้าหลอดตกตะกอนที่เหมาะสมรวมทั้ง ผลเนื่องจากการยกปรับมุมและมุมตามแนวราบที่มีต่อสมรรถภาพของหลอดตกตะกอน โดยแปรเปลี่ยนความเข้มข้นของตะกอนเข้าสู่หลอดตกตะกอนอยู่ในช่วง 50-600 มก./ล. ด้วยอัตราน้ำล้นผิว 2 $ม^3/ม^2$-ชม. ผ่านหลอดตกตะกอน พีวีซี ขนาด 50X50 ซม.^{2} ที่มีช่องผ่าน 10 ซม.X10 ซม. ยาว 65 ซม. เมื่อตะกอนสะสมตัวภายในหลอดตกตะกอนจะขจัดโดยยกหลอดตกตะกอนขึ้นทำมุม 80 องศากับแนวราบ การเปรียบเทียบมุมตามแนวราบของหลอดตกตะกอนจะทำการวิจัยโดยแปรเปลี่ยนมุมที่ค่า 35,45 และ 60 องศา

จากการศึกษาวิจัยพบว่าระดับความเข้มข้นเอสเอสที่เหมาะสมในการตกตะกอนบนหลอดตกตะกอนชนิดปรับมุมได้ ควรอยู่ในช่วง 130-347 มก./ล. ประสิทธิภาพในการกำจัดอนุภาคแขวนลอยอยู่ในช่วง 76-90% โดยคุณภาพน้ำที่ผ่านการบำบัดมีเอสเอสในน้ำออกไม่เกิน 30 มก./ล. ในการเปลี่ยนวางมุมของหลอดตกตะกอนในแนวราบให้ขึ้นประสิทธิภาพและคุณภาพของน้ำที่ผ่านระบบจะลดลงเมื่อระบบเปรียบเทียบถูกควบคุมให้พารามิเตอร์อื่นคงที่ การยกขึ้นเพื่อขจัดตะกอนที่สะสมอยู่ภายในหลอดตกตะกอนให้หลุดพ้นจากหลอดตกตะกอน อัตราเร็วในการลดลงของชั้นตะกอนภายในหลอดจะเป็นปฏิภาคโดยตรงกับค่าความสามารถในการจมตัว (SVI) ของตะกอนที่เข้าไปสะสมในหลอดตกตะกอนนั้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมสุขาภิบาล ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2534 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

C216279 : MAJOR SANITARY ENGINEERING

KEY WORD : SETTLING/TUBE SETTLER/WASTEWATER/TURBIDITY

NARONGSAK DEEWATTANARKUL : FLEXIBLE TUBE SETTLER IN WASTEWATER TREATMENT. THESIS ADVISOR : PROF.THONGCHAI PANSWAD, Ph.D, 113 PP.

ISBN 974-581-561-6

This study was designed a suitable concentration of suspended solids fed into the test tube settler. The independent variables horizontal angles of the tube (from 35 to 60) and the concentration of suspended solids (50-600 mg/1). The experiment was done at the over flow rate of 2 m^3/m^2-hr though the sedimentation tank of 50 X 50 cm^2. Inside which were 25-10 X 10 cm^2 PVC. square tubes with 65 cm length. When clogged, the sludge in the tube settler was removed by increasing the angle of tube settler to 80 , allowing the settle down to the plenum hopper section.

The optimum suspended solids concentration for the flexible tube settle was shown to be in the range of 130-347 mg/1. The efficiency of suspended solids removal was approximated at 76-90% whereas the effluent suspended solids was less than than 30 mg/1.

The removal efficiency of suspended solids decreased with the increased horizontal tube angle. The downward velocity of sludge level, When drawn of from the tube at 80 angle setting, was in proportion to the sludge volume index (SVI).

ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมสุขาภิบาล ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2534 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความกรุณาของ ศาสตราจารย์ ดร.ธงชัย พรรณสวัสดิ์ ที่ได้ให้คำปรึกษาและช่วยเหลือด้านแนวความคิดต่าง ๆ อย่างใกล้ชิดด้วยดีตลอดมา รวมทั้งให้ความช่วยเหลือทางด้านการจัดหาเงินทุนและสถานที่สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ ข้าพเจ้าจึงใคร่ขอขอบพระคุณท่านเป็นอย่างสูง ไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ บริษัท ปิรามิด อาควาซีสเต็มส์ จำกัด ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ทางด้านเงินทุน และแบบจำลองที่ใช้ในการทดลอง บริษัท ไทยฟีลาเมนต์ เท็กซ์ไทล์ จำกัด และบริษัท โฟร์โมสต์ อาหารนม จำกัด ที่ได้อนุญาตให้ใช้สถานที่ในการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน และคณาจารย์ในภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ที่ได้ประสิทธิประสาทวิชาความรู้ให้แก่ผู้วิจัย

สุดท้ายนี้ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และขอบพระคุณผู้ที่มิได้เอ่ยนามมา ณ ที่นี้ ที่ได้ช่วยเหลือและให้กำลังใจด้วยดีเสมอมา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญตาราง ..... ฌ
สารบัญรูป ..... ญ
บทที่ 1 1
1. บทนำ 1
1.1 คำนำ 1
1.2 วัตถุประสงค์ 2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย 2
2. ทฤษฎีและแนวความคิด 4
2.1 ทฤษฎี 4
2.2 ทฤษฎีการตกตะกอน แบบอุดมคติ 5
2.3 ระบบถังตกตะกอนแบบหลอด 8
2.4 ทฤษฎีการตกตะกอนด้วยความเร็วสูง 8
2.5 เขตกักเก็บตะกอน 12
2.6 ผลเนื่องจากความยาวหลอด 14
2.7 ผลเนื่องจากอัตราการไหล 16
2.8 ผลเนื่องจากขนาดของหลอด และรูปร่างของหลอด 16
2.9 ผลเนื่องจากมุม 19
2.10 การไหลภายในท่อของของไหลที่อัดตัวไม่ได้ 19
2.11 การไหลของของไหลภายในท่อที่ไม่ใช่ท่อกลม 22
2.12 การศึกษาที่ผ่านมา 22
3. แผนการวิจัย 25
3.1 แผนการวิจัย 25
3.2 วัสดุและอุปกรณ์ในการวิจัย 26
3.3 การดำเนินการทดลอง 27
3.4 พารามิเตอร์ที่จะวิเคราะห์ในการทดลอง 32

4. ผลการวิจัยและการวิจารณ์ผล 33
4.1 การทดลองหาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสม 33
4.2 ผลเนื่องจากการยกปรับมุม 45
4.3 เปรียบเทียบประสิทธิภาพกับมุมของหลอดตกตะกอน 51
5. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 66
5.1 สรุปผลการทดลอง 66
5.2 ข้อเสนอแนะ 66
เอกสารอ้างอิง..... 67
ภาคผนวก 69
ประวัติผู้วิจัย 113

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 4.1 สรุปผลการทดลอง..... 49

ตารางที่ 4.2 ผลการสำรวจชนิดของจุลชีพที่พบในระบบขณะทำการทดลอง..... 60

ตารางที่ 4.3 ค่าตัวเลข เรย์โนล์ และตัวเลข ฟรัด ขณะทำการทดลอง..... 64

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

		หน้า
รูปที่ 1.1	แผ่นชนานเอียงแบบปรับมุมได้	2
รูปที่ 2.1	การวิเคราะห์ถังตกตะกอนแบบอุดมคติ	5
รูปที่ 2.2	ความสัมพันธ์ที่ใช้คำนวณประสิทธิภาพของการตกตะกอน	7
รูปที่ 2.3.1	แนวแกนการเคลื่อนที่ของอนุภาคจมตัว	10
รูปที่ 2.3.2	แนวการเคลื่อนที่เป็นวิถีโค้งของอนุภาคในหลอดตกตะกอน	10
รูปที่ 2.4	กลุ่มของหลอดตกตะกอนและเซตกักเก็บตะกอน	15
รูปที่ 2.5.1	ผลเนื่องจากความยาวของหลอดตกตะกอนต่อประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่น	17
รูปที่ 2.5.2	ผลเนื่องจากความยาวของหลอดตกตะกอนต่อประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่น	17
รูปที่ 2.6.1	ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นกับอัตราน้ำล้นผิว	18
รูปที่ 2.6.2	ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นกับอัตราน้ำล้นผิว	18
รูปที่ 3.1	ถังแบบจำลอง	28
รูปที่ 3.2	หลอดตกตะกอน พีวีซี รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสหน้าตัดขนาด 10 ซม. X 10 ซม. ที่ใช้ในการทดลอง	29
รูปที่ 3.3	หลอดตกตะกอน พีวีซี ที่ทำการติดตั้งเข้ากับถังแบบจำลอง	29
รูปที่ 3.4	เครื่องยกปรับมุมแบบจำลอง	30
รูปที่ 4.1	ความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติ (เอสเอสและความขุ่น) ของน้ำที่เข้าและออกจากระบบกับเวลาจากผลการทดลองที่ 1	34
รูปที่ 4.2	ความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติ (เอสเอสและความขุ่น) ของน้ำที่เข้าและออกจากระบบกับเวลาจากผลการทดลองที่ 2	35
รูปที่ 4.3	ความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติ (เอสเอสและความขุ่น) ของน้ำที่เข้าและออกจากระบบกับเวลาจากผลการทดลองที่ 3	38
รูปที่ 4.4	ความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติ (เอสเอสและความขุ่น) ของน้ำที่เข้าและออกจากระบบกับเวลาจากผลการทดลองที่ 4	39
รูปที่ 4.5	ความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติ (เอสเอสและความขุ่น) ของน้ำที่เข้าและออกจากระบบกับเวลาจากผลการทดลองที่ 5	40

รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติ (เอสเอสและความขุ่น) ของน้ำที่เข้าและออกจากระบบกับเวลาจากผลการทดลองที่ 6..... 42
รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติ (เอสเอสและความขุ่น) ของน้ำที่เข้าและออกจากระบบกับเวลาจากผลการทดลองที่ 7..... 43
รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติ (เอสเอสและความขุ่น) ของน้ำที่เข้าและออกจากระบบกับเวลาจากผลการทดลองที่ 8..... 44
รูปที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติ (เอสเอสและความขุ่น) ของน้ำที่เข้าและออกจากระบบกับเวลาจากผลการทดลองที่ 9..... 45
รูปที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติ (เอสเอสและความขุ่น) ของน้ำที่เข้าและออกจากระบบกับเวลาจากผลการทดลองที่ 10..... 46
รูปที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติ (เอสเอสและความขุ่น) ของน้ำที่เข้าและออกจากระบบกับเวลาจากผลการทดลองที่ 11..... 47
รูปที่ 4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติ (เอสเอสและความขุ่น) ของน้ำที่เข้าและออกจากระบบกับเวลาจากผลการทดลองที่ 12..... 48
รูปที่ 4.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง เอสเอสเข้าระบบ กับเอสเอสออกระบบ..... 50
รูปที่ 4.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง เอสเอสเข้าระบบ กับประสิทธิภาพในการกำจัดอนุภาคแขวนลอย..... 51
รูปที่ 4.15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง เอสเอสเข้าระบบ กับประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่น..... 51
รูปที่ 4.16 การยุบตัวของระดับชั้นตะกอนเนื่องจากการยกปรับมุมเทียบกับเวลาของการทดลองที่ 5..... 55
รูปที่ 4.17 การยุบตัวของระดับชั้นตะกอนเนื่องจากการยกปรับมุมเทียบกับเวลาของการทดลองที่ 6..... 55
รูปที่ 4.18 การยุบตัวของระดับชั้นตะกอนเนื่องจากการยกปรับมุมเทียบกับเวลาของการทดลองที่ 7..... 56
รูปที่ 4.19 การยุบตัวของระดับชั้นตะกอนเนื่องจากการยกปรับมุมเทียบกับเวลาของการทดลองที่ 10..... 56
รูปที่ 4.20 การยุบตัวของระดับชั้นตะกอนเนื่องจากการยกปรับมุมเทียบกับเวลาของการทดลองที่ 12..... 57
รูปที่ 4.21 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วในการยุบตัวลงของชั้นตะกอน กับ SVI..... 57