

การศึกษาดังตักตะกอนแบบโพลีคอนแทคแคโรไฟเออร์ที่ใช้แผ่นขนานเสียง



นายวีระ อินทรกุล

004116

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2524

A STUDY OF INCLINED PARALLEL PLATES: SOLID CONTACT CLARIFIER

Mr. Vera Intarakul

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering

Department of Sanitary Engineering

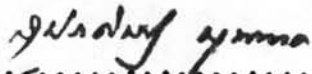
Graduate School

Chulalongkorn University

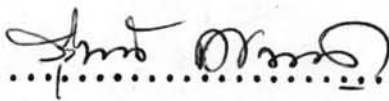
1981

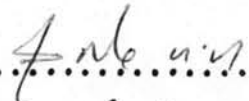
หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาดังตกตะกอนแบบโซลิดคอนแทคแคโรไฟเออร์ที่ใช้แผ่นขนานเอียง
โดย นายวีระ อินทรกุล
ภาควิชา วิศวกรรมสุขาภิบาล
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คร. ชีระ เกรอก

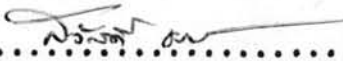
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต

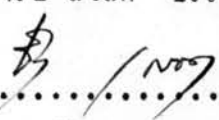

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร. สุประสิทธิ์ บุนนาค)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร. สุรินทร์ เศรษฐมานิต)


..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ สุกใจ จำปา)


..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ สวัสดิ์ ชรรมิภักข์)


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชีระ เกรอก)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาดังตกตะกอนแบบโซลิดคอนแทคแคโรไฟเออร์ที่ใช้แผ่น
ขนานเอียง

ชื่อนิสิต นายวีระ อินทรกุล

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชีระ เกรอก

ภาควิชา วิศวกรรมสุขาภิบาล

ปีการศึกษา 2524



บทคัดย่อ

จุดประสงค์ของการวิจัยนี้ทำขึ้นเพื่อหาลักษณะที่เหมาะสมของการวางแผ่นขนานเอียง, การติดตั้งที่เฟลคเตอร์บนแผ่นขนานเอียง และปริมาณอัตราการน้ำล้นที่เหมาะสม การทดลองใช้ถังตกตะกอนแบบโซลิดคอนแทคที่ใช้แผ่นขนานเอียงชนิดต้นแบบทำด้วยเหล็กชนิดแผ่นเรียบ ขนาดกว้าง 0.70 เมตร ยาว 2 เมตร สูง 2 เมตร และติดตั้งที่โรงกรองน้ำที่ 3 ของโรงกรองน้ำประปาสามเสน กรุงเทพมหานคร น้ำคิมที่ใช้ในการทดลองมาจากคลองประปา

ตัวแปรที่ศึกษาได้แก่อัตราการน้ำล้น, มุมติดตั้งของแผ่นขนาน, ระยะห่างระหว่างแผ่นขนาน, ขนาดของกีเฟลคเตอร์ และระยะห่างระหว่างกีเฟลคเตอร์ ประสิทธิภาพของระบบการทํางานของถัง วัดโดยการกําจัดความขุ่นและอนุภาคแขวนลอย

ผลการวิจัยชี้ให้เห็น ประสิทธิภาพการกําจัดความขุ่นและอนุภาคแขวนลอยของถังตกตะกอนเป็นปฏิภาคกลับกับระยะห่างแผ่นขนาน เมื่อใช้ระยะห่างระหว่างแผ่นขนาน 10, 20, 30, 40 ซม. ที่อัตราการน้ำล้นถึง $0.0814 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{นาที่}$ และมุมติดตั้ง 90° ประสิทธิภาพการกําจัดความขุ่นเท่ากับ 68.88 %, 68.42 %, 65.71 %, 62.86 % ตามลำดับ ประสิทธิภาพการกําจัดอนุภาคแขวนลอยเท่ากับ 72.75 %, 71.43 %, 69.35%

และ 64.52 % ตามลำดับ

ประสิทธิภาพการกำจัดความชื้นและอนุภาคแขวนลอยของถังตกตะกอนจะเป็น
ปฏิภาคกลับกับมุมคดตั้งที่ระยะแผ่นขนาน 10 ซม. มุมคดตั้ง 60° จะ เป็นมุมที่เหมาะสมที่สุด
ที่อัตราน้ำล้นถึง 0.1629, 0.1221, 0.0814, 0.0407 $m^3/m^2/นาที่$ ประสิทธิภาพ
การกำจัดความชื้นเท่ากับ 68.96 %, 72.31 %, 77.00 %, 77.08 % ตามลำดับ
และประสิทธิภาพการกำจัดอนุภาคแขวนลอยเท่ากับ 70.70 %, 75.00 %, 80.00%
81.48 % ตามลำดับ

เมื่อใช้ที่เฟลคเตอร์ ประสิทธิภาพการแยกจะขึ้นกับระยะระหว่างแผ่นขนาน
ขนาด, และระยะของคี่เฟลคเตอร์ คี่เฟลคเตอร์ขนาด 9 ซม. ที่ระยะห่าง 40 ซม.
ระยะระหว่างแผ่นขนานเอียงเท่ากับ 20 ซม. และมุมเอียงเท่ากับ 60° จะให้ประสิทธิภาพ
การท่างานดีที่สุด ที่อัตราน้ำล้น 0.1629, 0.1221, 0.0814, 0.0407 $m^3/m^2/นาที่$
ประสิทธิภาพการกำจัดความชื้นเท่ากับ 81.53 %, 86.11 %, 89.33 %, 88.70 %
ตามลำดับ ประสิทธิภาพการกำจัดอนุภาคแขวนลอยเท่ากับ 85.71 %, 89.74 %, 91.25 %, 92.75 %, ตามลำดับ

อัตราน้ำล้นที่เหมาะสมจะเท่ากับ 0.0814 $m^3/m^2/นาที่$ เมื่อเปรียบเทียบกับ
ถังตกตะกอนแบบธรรมดา ซึ่งรับอัตราน้ำล้นได้ 0.0303 $m^3/m^2/นาที่$ โดยเทียบประสิทธิภาพ
การกำจัดเดียวกัน แสดงให้เห็นว่าถังตกตะกอนแบบโซลิดคอนแทคแคริไฟเออร์ที่ใช้แผ่น-
ขนานเอียง สามารถรับอัตราน้ำล้นได้เกือบสามเท่าของถังธรรมดา

spacing between parallel plates. At spacings of 10, 20, 30, 40 centimetres and an overflow rate of $0.0814 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{min}$ and 90° installation angle, The turbidity removal were 68.88 %, 68.42 %, 65.71 %, 62.86 % respectively and the suspended solids removal were 72.75 %, 71.43 %, 69.35 %, 64.52 % respectively.

The efficiency of turbidity and suspended solids removal varied inversely with the angle of installation. At 10 centimetres spacing, an installation angle of 60 degrees was the optimum. At overflow rates of 0.1629, 0.1221, 0.0814, $0.0407 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{min}$. The turbidity removal were 68.96 %, 72.31 %, 77.00 %, 77.08 % respectively and the suspended solids removal were 70.70 %, 75.00 %, 80.00 %, 81.48 % respectively.

When deflectors were used the removal efficiency depended on the spacing between parallel plates, the size and spacing between deflectors. The maximum removal obtained when the parallel plates were installed at 60 degrees angle and 20 centimetres apart using 9 centimetres deflectors at 40 centimetres spacing. At overflow rates of 0.1629, 0.1221, 0.0814, $0.0407 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{min}$, the turbidity removal were 81.53 %, 86.11 %, 89.33 %, 88.70 % respectively and the suspended solids removal were 85.71 %, 89.74 %, 91.25 % and 92.75 % respectively.

The optimum overflow rate was found to be $0.0814 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{min}$ which when compared to a normal overflow rate of a conventional.

sedimentation tank of $0.0303 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{min}$, based on the same removed efficiency, indicated that the inclined parallel plates solids contact clarifier could operate at about 3 times higher than the conventional clarifier.



กิติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยใครขอขอบพระคุณท่านผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชีระ เกרות ซึ่งเป็น
อาจารย์ผู้ควบคุมการวิจัยครั้งนี้ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำ ตลอดจนการตรวจสอบจน
การทำงานวิจัยครั้งนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่กองวิเคราะห์
และวิจัยของการประปานครหลวงที่ให้ความอนุเคราะห์ห้องทดลองและให้คำปรึกษาตลอด
การทดลอง

นอกจากนี้ทางผู้เขียนใครขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ทุกท่านที่เคยสอน แนะนำ
ให้ความรู้ผู้เขียน เพื่อให้มีความรู้เพิ่มเติมมาตลอด

วีระ อินทรกุล

สารบัญ

| | หน้า |
|--|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย | ง |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ | ฉ |
| พิธีกรรมประกาศ | ช |
| รายการตารางประกอบ | ฉ |
| รายการรูปประกอบ | ร |
| บทที่ | |
| 1. บทนำ | 1 |
| กล่าวโดยทั่วไป | 1 |
| วัตถุประสงค์ | 3 |
| ขอบเขตการวิจัย | 3 |
| 2. ประวัติความเป็นมาและทฤษฎีของดังกตกตะกอน | 6 |
| ประวัติความเป็นมา | 6 |
| ทฤษฎีการรวมตะกอน | 13 |
| ทฤษฎีการทำให้เกิดฟล็อก | 17 |
| ทฤษฎีเกี่ยวกับดังกตกตะกอน | 23 |
| หลักการเคลื่อนที่ของของเหลวภายในดังกตกตะกอนแบบไซคลิกคอนแทค | 36 |
| การคงตัวของชั้นตะกอน | 39 |
| การทำงานของดังกตกตะกอนแบบไซคลิกคอนแทคแควรีไฟเออร์ที่ใช้แผ่น ขนานเอียง | 42 |



สารบัญ (ต่อ)

| บทที่ | หน้า |
|---|------|
| 3. วัสดุและการดำเนินการวิจัย | 47 |
| น้ำคืบ | 47 |
| ตัวแปรอิสระที่จะทำการวิจัย | 48 |
| เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง | 53 |
| แผนผังระบบการทดลอง | 58 |
| การดำเนินการทดลอง | 60 |
| 4. ผลการทดลองและวิจารณ์ | 67 |
| ผลกระทบระยะทางแผนขนานต่อประสิทธิภาพการกำจัดความชื้น และอนุภาคแขวนลอย | 67 |
| ผลกระทบขนาดมุมเอียงของแผนขนานภายในถึงตกตะกอนต่อการ กำจัดความชื้นและอนุภาคแขวนลอย | 70 |
| ผลกระทบของระยะทางแผนขนานเอียง, ขนาดและระยะทาง คีเฟลคเตอร์ที่ติดตั้งบนแผนขนานเอียงต่อประสิทธิภาพการ กำจัดความชื้น และอนุภาคแขวนลอย | 73 |
| ผลกระทบอัตราน้ำไหลเข้าถึงต่อการกำจัดความชื้น และอนุภาค แขวนลอย | 120 |
| ปริมาณอนุภาคแขวนลอยที่ระกิบต่าง ๆ ภายในถึง | 124 |
| 5. สรุปผลการทดลอง | 127 |
| 6. ข้อเสนอแนะในการวิจัยเพิ่มเติม | 130 |
| บรรณานุกรม | 131 |
| ภาคผนวก | 135 |
| ประวัติผู้เขียน | 157 |

รายการตารางประกอบ

| ตารางที่ | หน้า |
|---|------|
| 1. สรุปคุณสมบัติน้ำดิบ | 49 |
| 2. ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการทำงานของถังตกตะกอน ซึ่งจะทำการวิจัย. | 50 |
| 3. อัตราน้ำล้นถังที่เหมาะสมสำหรับถังตกตะกอนโดยทั่วไปตามประเภทของสาร - โคเอกูแลนต์ | 51 |
| 4. แสดงปริมาณน้ำสารส้มที่ใช้จริงในการทดลอง เมื่อเทียบกับค่าที่ได้จากการทำ Jar Test | 62 |
| 5. ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น, อนุภาคแขวนลอย กับ ระยะทางแผ่นขนานภายในถัง | 68 |
| 6. ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นอนุภาคแขวนลอย กับมุมแผ่น ขนานที่ทำกับแนวระดับ | 71 |
| 7. ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น, อนุภาคแขวนลอยกับ - อัตราส่วนพื้นที่แผ่นขนานเอียงต่อพื้นที่ขนานฉาก | 74 |
| 8-23. ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นอนุภาคแขวนลอยกับลักษณะ การติดตั้งแผ่นคี่เฟลคเตอร์บนแผ่นขนานเอียง | 77 |
| 24-41. แสดงปริมาณอนุภาคแขวนลอยภายในถังตกตะกอนที่ระดับต่าง ๆ ตามลักษณะ การทดลอง | 139 |

รายการรูปประกอบ

| รูปที่ | | หน้า |
|--------|---|------|
| 1-4 | แสดงรูปถังตกตะกอนแบบโซลิดคอนแทคแบบต่าง ๆ | 11 |
| 5 | แสดงค่า solubility curves for ferric and aluminium hydroxides | 16 |
| 6 | Idealized settling basin paths of discrete particles in horizontal flow tank | 27 |
| 7 | Typical settling velocity Analysis Curve of Suspension for discrete Particles | 28 |
| 8 | แสดงการ จมตะกอนของอนุภาคแขวนลอยใน Batch column | 30 |
| 9. | แสดงความสัมพันธ์การ จมตะกอนกับเวลา | 32 |
| 10 | แสดงส่วนประกอบภายในถังตกตะกอนที่มีการไหลสม่ำเสมอ | 33 |
| 11 | ผลกระทบความเข้มข้นของอนุภาคแข็งต่อความเร็วในการ จมตัวตะกอน | 41 |
| 12 | แสดงการ ไหลของน้ำระหว่างแผ่นขนานเอียงภายในถังตกตะกอน | 43 |
| 13 | แสดงการ ไหลของน้ำคืบออกจากท่อกระจายน้ำคืบภายในถังตกตะกอน | 45 |
| 14 | บ่อเก็บน้ำคืบ | 54 |
| 15 | แสดงลักษณะของถังควบคุมการ จ่ายปริมาณน้ำสาร สัม | 54 |
| 16 | แสดงการ ติดตั้ง เครื่องวัดปริมาณน้ำ เข้าถังกับถังตกตะกอน | 56 |
| 17 | แสดงรายละเอียดภายในถังตกตะกอนแบบโซลิดคอนแทคที่ใช้แผ่นขนานเอียง | 57 |
| 18 | แผนผังระบบการ ติดตั้งถังตกตะกอนที่ใช้ในการ ทดลองกับระบบการผลิตน้ำ ประปา | 59 |
| 19 | แสดงเครื่องมือการทำ JAR TEST | 61 |
| 20 | เครื่องวัด PH ของน้ำ | 61 |
| 21 | แสดง เครื่องมือวัดความขุ่นของน้ำ | 64 |
| 22-23 | แสดงอิทธิพล ระยะทางแผ่นขนานต่อประสิทธิภาพการทำงานของถัง | 69 |

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

| รูปที่ | | หน้า |
|--------|---|------|
| 24-25 | แสดงอิทธิพลของขนาดมุมเอียงของแผ่นขนานต่อประสิทธิภาพการทำงาน ของถัง | 72 |
| 26-27 | แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการทำงานของถังกับอัตราส่วน พื้นที่แผ่นขนานเอียงต่อพื้นที่แผ่นฉาก | 75 |
| 28-69 | แสดงอิทธิพลของลักษณะการติดตั้งที่เฟลคเตอร์และแผ่นขนานเอียงภายใน ถังต่อประสิทธิภาพการทำงานถัง | 81 |
| 70-71 | แสดงอิทธิพลอัตราน้ำล้นถังต่อประสิทธิภาพการทำงานของถัง | 122 |
| 72 | แสดงปริมาณอนุภาคแขวนลอยที่ระกบต่าง ๆ ภายในถังตกตะกอนช่วง sludge blanket | 125 |