MAEJO UNIVERSITY ARCHIVES

# รายงานผลงานวิจัย
# สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้

เรื่อง

## การศึกษาประสิทธิภาพการเพิ่มปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำของสิ่งประดิษฐ์ทำด้วยวัสดุราคาถูก ขณะทำการปล่อยน้ำเข้าบ่อคอนกรีต

## A STUDY ON EFFICIENCY OF DISSOLVED OXYGEN SUPPLY BY CHEAP-MATERIAL DEVICES, WHILE RELEASING WATER INTO CONCRETE TANK

โดย

จิตติพล ทวีศรี

2536

MAEJO UNIVERSITY ARCHIVES

# รายงานผลงานวิจัย
# สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้

---

เรื่อง การศึกษาประสิทธิภาพการเพิ่มปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำของสิ่งประดิษฐ์ทำด้วยวัสดุราคาถูก ขณะทำการปล่อยน้ำเข้าบ่อคอนกรีต

A STUDY ON EFFICIENCY OF DISSOLVED OXYGEN SUPPLY BY CHEAP-MATERIAL DEVICES, WHILE RELEASING WATER INTO CONCRETE TANK

ได้รับการจัดสรรงบประมาณวิจัย ประจำปี 2534
จำนวน 20,000 บาท

หัวหน้าโครงการ นายจิตติพล ทวีศรี

ผู้ร่วมงาน -

งานวิจัยเสร็จสิ้นสมบูรณ์

วันที่ 26 กรกฎาคม พ.ศ. 2536

MAEJO UNIVERSITY ARCHIVES



# การศึกษาประสิทธิภาพการเพิ่มปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำของสิ่งประดิษฐ์ทำด้วยวัสดุราคาถูก ขณะทำการปล่อยน้ำเข้าบ่อคอนกรีต

จิตติพล ทวีศรี

ภาควิชาเทคโนโลยีการประมง
คณะผลิตกรรมการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้

---

## บทคัดย่อ

จากการศึกษาประสิทธิภาพการเพิ่มปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำของสิ่งประดิษฐ์ทำด้วยวัสดุราคาถูก ขณะทำการปล่อยน้ำเข้าบ่อคอนกรีต โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 ทรีทเมนต์ ๆ ละ 3 ซ้ำ ทำการทดลองในบ่อคอนกรีตขนาด 2.8 ม. x 3.2 ม. x 0.8 ม. จำนวน 3 บ่อ ผลปรากฏว่า ทรีทเมนต์ที่ 1 คือปล่อยน้ำเข้าบ่อคอนกรีตโดยวิธีธรรมดา (ก๊อกน้ำ) ค่าเฉลี่ย DO ที่ระดับปากท่อ = 5.40 มก./ลิตร ค่าเฉลี่ย DO ที่ระดับความลึก 60 ซม., 30 ซม., 10 ซม. ภายหลังจากที่เปิดน้ำเต็มบ่อ = 6.59 มก./ลิตร ดังนั้นค่าเฉลี่ย DO ที่เพิ่มขึ้น = 1.19 มก./ลิตร หรือคิดเป็นอัตราค่าเฉลี่ย DO ที่เพิ่มขึ้น = 22.04% ทรีทเมนต์ที่ 2 คือปล่อยน้ำเข้าบ่อคอนกรีตโดยวิธีใช้ท่อพ่นฟองอากาศในแนวราบ ค่าเฉลี่ย DO ที่ระดับปากท่อ 5.80 มก./ลิตร ค่าเฉลี่ย DO ที่ระดับความลึก 60 ซม., 30 ซม., 10 ซม. ภายหลังจากที่เปิดน้ำเต็มบ่อ = 7.61 มก./ลิตร ดังนั้น ค่าเฉลี่ย DO ที่เพิ่มขึ้น = 1.81 มก./ลิตร หรือคิดเป็นอัตราค่าเฉลี่ย DO ที่เพิ่มขึ้น = 31.21% ทรีทเมนต์ที่ 3 คือ ปล่อยน้ำเข้าบ่อคอนกรีตโดยวิธีใช้ท่อพ่นฟองอากาศในแนวตั้ง ค่าเฉลี่ย DO ที่ระดับปากท่อ = 6.23 มก./ลิตร ค่าเฉลี่ย DO ที่ระดับความลึก

MAEJO UNIVERSITY ARCHIVES



60 ซม., 30 ซม., 10 ซม. ภายหลังจากที่เปิดน้ำเต็มบ่อ = 8.09 มก./ลิตร ดังนั้น ค่าเฉลี่ย DO ที่เพิ่มขึ้น = 1.86 มก./ลิตร หรือคิดเป็นอัตราค่าเฉลี่ย DO ที่เพิ่มขึ้น = 29.86 %.

ดังนั้น วิธีการปล่อยน้ำเข้าบ่อคอนกรีตโดยใช้ท่อพ่นฟองอากาศในแนวราบ สามารถเพิ่มปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) ได้มากกว่า วิธีการปล่อยน้ำเข้าบ่อคอนกรีต โดยวิธีธรรมดา (ก๊อกน้ำ) = 1.81 - 1.19 = 0.62 มก./ลิตร และวิธีการปล่อยน้ำเข้าบ่อคอนกรีตโดยใช้ท่อพ่นฟองอากาศในแนวตั้ง สามารถเพิ่มปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) ได้มากกว่า วิธีการปล่อยน้ำเข้าบ่อคอนกรีตโดยวิธีธรรมดา (ก๊อกน้ำ) = 1.86 - 1.19 = 0.67 มก./ลิตร

MAEJO UNIVERSITY ARCHIVES



# A STUDY ON EFFICIENCY OF DISSOLVED OXYGEN SUPPLY BY CHEAP-MATERIAL DEVICES, WHILE RELEASING WATER INTO CONCRETE TANK

Chittipol Thaveesri

Department of Fisheries Technology
Faculty of Agricultural Production
Maejo Institute of Agricultural Technology

---

## Abstract

A study on efficency of dissolved oxygen supply by cheap-material devices, while releasing water into concrete tank, was divided into 3 treatments. Each treatment contained 3 replications. The experiment was operated in 3 concrete tanks with 2.8 M. x 3.2 M. x 0.8 M. sizes, and resulted as follow. First treatment (T1): releasing water into concrete tank by usual method (TAP), the average of dissolved oxygen at the tap opening level was 5.40 mg./l., the average of dissolved oxygen at the water levels of 60 CMS., 30 CMS., 10 CMS. After full tank, was 6.59 mg./l. So the average of dissolved oxygen was increased at 1.19 mg./l., or at the rate of 22.04%. Second treatment (T2) : releasing water into concrete tank by horizontal air jet pipe, the

MAEJO UNIVERSITY ARCHIVES



average of dissolved oxygen at the tap opening level was 5.80 mg./l., the average of dissolved oxygen at the water levels of 60 CMS., 30 CMS., 10 CMS., after full tank, was 7.61 mg./l. So the average of dissolved oxygen was increased at 1.81 mg./l. , or at the rate of 31.21 %. Third treatment (T3) : releasing water into concrete tank by vertical air jet pipe, the average of dissolved oxygen at the tap opening level was 6.23 mg./l., the average of dissolved oxygen at the water levels of 60 CMS., 30 CMS., 10 CMS. After full tank, was 8.09 mg./l. So the average of dissolved oxygen was increased at 1.86 mg./l., or at the rate of 29.86%.

In conclusion, the method of releasing water into concrete tank by horizontal air jet pipe, has increased dissolved oxygen more than the method of releasing water into concrete tank by usual method (TAP), at 1.81 - 1.19 = 0.62 mg./l. While the method of releasing water into concrete tank by vertical air jet pipe, has increased dissolved oxygen more than the method of releasing water into concrete tank by usual method (TAP), at 1.86 - 1.19 = 0.67 mg./l.

MAEJO UNIVERSITY ARCHIVES



# สารบัญ


| เรื่อง | หน้า |
|---|---|
| บทคัดย่อ | (1) |
| Abstract | (2) |
| คำนำ | 1 |
| วัตถุประสงค์ | 2 |
| การตรวจเอกสาร | 3 |
| อุปกรณ์และวิธีการ | 6 |
| การทดลอง | 8 |
| ผลการทดลอง | 10 |
| วิจารณ์ผล | 11 |
| สรุป | 11 |
| เอกสารอ้างอิง | 12 |
| ภาคผนวกที่ 1 | 13 |
| ภาคผนวกที่ 2 | 17 |

MAEJO UNIVERSITY ARCHIVES



# สารบัญตาราง

ตารางภาคผนวกที่ หน้า

1 แสดงปริมาณอ๊อกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) ที่เพิ่มขึ้นภายหลังจากที่เปิดน้ำเต็มบ่อในทรีทเมนต์ที่ 1 ($T_1$): แบบปล่อยน้ำเข้าบ่อคอนกรีตโดยวิธีธรรมดา (ก๊อกน้ำ) 13

2 แสดงปริมาณอ๊อกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) ที่เพิ่มขึ้นภายหลังจากที่เปิดน้ำเต็มบ่อในทรีทเมนต์ที่ 2 ($T_2$): แบบปล่อยน้ำเข้าบ่อคอนกรีตโดยวิธีใช้ท่อพ่นฟองอากาศในแนวราบ 14

3 แสดงปริมาณอ๊อกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) ที่เพิ่มขึ้นภายหลังจากที่เปิดน้ำเต็มบ่อในทรีทเมนต์ที่ 3 ($T_3$): แบบปล่อยน้ำเข้าบ่อคอนกรีตโดยวิธีใช้ท่อพ่นฟองอากาศในแนวตั้ง 15

4 สรุปปริมาณอ๊อกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) ที่เพิ่มขึ้นภายหลังจากที่เปิดน้ำเต็มบ่อของทรีทเมนต์ที่ 1-3 ($T_1$- $T_3$) 16

MAEJO UNIVERSITY ARCHIVES



# สารบัญภาพ


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | เปิดน้ำเข้าบ่อโดยวิธีธรรมดา ($T_1$) | 17 |
| 2 | โครงสร้างของท่อพ่นฟองอากาศในแนวราบ | 17 |
| 3 | โครงสร้างของท่อพ่นฟองอากาศในแนวราบ | 18 |
| 4 | ท่อพ่นฟองอากาศในแนวราบ ขณะที่ติดตั้งเสร็จแล้ว | 18 |
| 5 | ท่อพ่นฟองอากาศในแนวราบ ขณะที่กำลังเปิดน้ำเข้าบ่อ | 19 |
| 6 | แสดงการเคลื่อนไหวของมวลน้ำในบ่อ ขณะที่กำลังเปิดน้ำเข้าบ่อ โดยใช้ท่อพ่นฟองอากาศในแนวราบ | 19 |
| 7 | โครงสร้างของท่อพ่นฟองอากาศในแนวตั้ง | 20 |
| 8 | โครงสร้างของท่อพ่นฟองอากาศในแนวตั้ง | 20 |
| 9 | ท่อพ่นฟองอากาศในแนวตั้ง ขณะที่ติดตั้งเสร็จแล้ว | 21 |
| 10 | ท่อพ่นฟองอากาศในแนวตั้ง ขณะที่กำลังเปิดน้ำเข้าบ่อ | 21 |
| 11 | แสดงการเคลื่อนไหวของมวลน้ำในบ่อ ขณะที่กำลังเปิดน้ำเข้าบ่อ โดยใช้ท่อพ่นฟองอากาศในแนวตั้ง | 22 |

MAEJO UNIVERSITY ARCHIVES



# การศึกษาประสิทธิภาพการเพิ่มปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำของสิ่งประดิษฐ์ทำด้วยวัสดุราคาถูก ขณะทำการปล่อยน้ำเข้าบ่อคอนกรีต

จิตติพล ทวีศรี

ภาควิชาเทคโนโลยีการประมง
คณะผลิตกรรมการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้

---

## คำนำ

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ จัดเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลโดยตรงต่อความหนาแน่นและปริมาณสัตว์น้ำในบ่อเลี้ยง กล่าวคือ อัตราความหนาแน่นและปริมาณสัตว์น้ำในบ่อเลี้ยงยิ่งมีมากเท่าไร ความต้องการของปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำก็จะยิ่งสูงขึ้นตามลำดับ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำของประเทศเราในปัจจุบัน นิยมเลี้ยงในอัตราความหนาแน่นสูง (intensive culture) ดังนั้น การเพิ่มปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ เพื่อให้สัตว์น้ำในบ่อเลี้ยงได้รับออกซิเจนอย่างเพียงพอ จึงได้กลายเป็นหัวข้อสำคัญที่ขาดเสียไม่ได้ สำหรับงานเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

ในกรณีของการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในบ่อคอนกรีต สิ่งที่น่าสนใจก็คือ ทุกครั้งที่มีการปล่อยน้ำเข้าบ่อ ก่อนที่มวลของน้ำจะตกลงสู่บ่อนั้น ทำอย่างไรจึงจะสามารถดึงเอาอากาศเข้ามาละลายในน้ำ เพื่อเป็นการเพิ่มปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้

ในปัจจุบัน แม้ว่าจะมีการนิยมใช้เครื่องให้อากาศ (air pump) กันอย่างแพร่หลาย แต่การเพิ่มปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำของสิ่งประดิษฐ์ทำด้วยวัสดุราคาถูก ขณะทำการปล่อยน้ำเข้าบ่อคอนกรีต นับว่าเป็นเรื่องที่น่าสนใจเนื่องจากผลพลอยได้โดยการใช้ประโยชน์จากกระแสน้ำขณะที่ปล่อยเข้าบ่อคอนกรีต ในขณะเดียวกันที่ไม่มีความจำเป็นต้องใช้พลังงานอื่นหรือเสียค่าใช้จ่ายด้านพลังงานอื่นแต่อย่างใด

MAEJO UNIVERSITY ARCHIVES



# วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของการเพิ่มปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำของสิ่งประดิษฐ์ ทำด้วยวัสดุราคาถูก ขณะทำการปล่อยน้ำเข้าบ่อคอนกรีต
2. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการเพิ่มปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำของสิ่งประดิษฐ์ ทำด้วยวัสดุราคาถูก ขณะทำการปล่อยน้ำเข้าบ่อคอนกรีต
3. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการไหลเวียนของกระแสน้ำภายในบ่อจากการใช้สิ่งประดิษฐ์ ทำด้วยวัสดุราคาถูก ขณะทำการปล่อยน้ำเข้าบ่อคอนกรีต

**ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ**

1. สามารถเพิ่มปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ โดยอาศัยความแรงของกระแสน้ำ ขณะทำการปล่อยน้ำเข้าบ่อคอนกรีต
2. สามารถเพิ่มการไหลเวียนของกระแสน้ำภายในบ่อ ขณะทำการปล่อยน้ำเข้าบ่อคอนกรีต

MAEJO UNIVERSITY ARCHIVES



# การตรวจเอกสาร

Aoe. H. (1988) ได้กล่าวว่า วิธีการเพิ่มปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำโดยทั่วไป แบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1. แบบน้ำสัมผัสอากาศ (Water in Air Type = W/A Type) :

คือแบบที่ทำให้พื้นที่ผิวของน้ำ มีโอกาสสัมผัสกับอากาศมากที่สุดเท่าที่จะมากได้ เพื่อให้ออกซิเจนจากอากาศได้ละลายกับน้ำ ทั้งนี้ อัตราการละลายของออกซิเจนจากอากาศเข้าไปในน้ำ เป็นสัดส่วนโดยตรงกับระยะทางการเคลื่อนที่ของมวลน้ำ หรือระยะความสูงที่มวลน้ำนั้นตกลงมา

สำหรับการเพิ่มปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำแบบน้ำสัมผัสอากาศนี้ วิธีที่ใช้กันในบ่อขนาดเล็ก (บ่อคอนกรีต) ได้แก่ การฉีดพ่นน้ำให้ตกลงมาเป็นฝอย การปล่อยให้น้ำไหลตกลงมากระทบแผ่นกั้นเพื่อให้น้ำแตกกระเซ็นเป็นฝอย การเจาะรูเล็ก ๆ ที่ท่อน้ำเข้าแล้วปล่อยให้น้ำไหลออกมาเป็นหลาย ๆ สาย การปล่อยให้น้ำไหลไปตามรางที่ทำไว้ก่อนที่มวลของน้ำจะไหลลงสู่บ่อเลี้ยง เป็นต้น

ส่วนวิธีที่ใช้กันในบ่อขนาดใหญ่ (บ่อดิน) ได้แก่ การใช้เครื่องตีน้ำ (water wheel) ซึ่งนิยมใช้กันในฟาร์มสัตว์น้ำ

2. แบบอากาศสัมผัสน้ำ (Air in Water Type = A/W Type) :

คือ แบบที่ปล่อยฟองอากาศเล็ก ๆ เข้าไปในน้ำ เพื่อให้ออกซิเจนจากอากาศได้ละลายกับน้ำ วิธีนี้สามารถเพิ่มปริมาณออกซิเจนในน้ำได้ดี แต่การไหลเวียนของน้ำในบ่อเป็นไปเฉพาะแห่ง ดังนั้น จึงมีการวางท่อส่งอากาศหรือพ่นฟองอากาศกระจายไปทั่วบ่อ การเพิ่มปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำแบบอากาศสัมผัสน้ำนี้ ส่วนใหญ่เป็นการใช้เครื่องมือประเภทใช้ไฟฟ้า หรือน้ำมันเชื้อเพลิง

วิธีที่ใช้กันในบ่อขนาดเล็ก (บ่อคอนกรีต) หรือตู้เลี้ยงปลา ได้แก่ การใช้เครื่องให้อากาศ (air pump) เครื่องอัดอากาศ (air compressor) เครื่องเป่าอากาศ (Blower) โดยผ่านทางท่อส่งอากาศ (air pipe) หรือ หินฟองอากาศ (air stone)

ส่วนวิธีที่ใช้กันในบ่อขนาดใหญ่ (บ่อดิน) ได้แก่ การใช้เครื่องพ่นฟองอากาศในน้ำ (jet nozzle, air jet) เป็นต้น

MAEJO UNIVERSITY ARCHIVES



Ikeda J. (1988) ได้กล่าวว่า เครื่องให้อากาศ (air pump) ที่ใช้กันส่วนใหญ่แบ่งออกเป็น 2 ระบบ คือ

(1) ระบบโรตารี่ (Rotary System) : เป็นระบบที่พ่นเอาอากาศออกมาได้มาก ทั้งด้านปริมาณและแรงดัน ข้อเสียคือ มีเสียงดัง ไม่เหมาะกับการใช้ภายในห้อง

(2) ระบบไดอะแฟรม (Diaphragm System): เป็นระบบที่ไม่ค่อยมีเสียงดัง แต่วาล์ว (valves) ที่ใช้ในการดูดอากาศเข้าและขับอากาศออก จะต้องทำการเปลี่ยนทุก ๆ 6 - 8 เดือน

อย่างไรก็ตาม การใช้เครื่องให้อากาศทั้ง 2 ระบบนี้ให้มีอายุการใช้งานยาวนาน ควรทำการเปลี่ยนแผ่นฟองน้ำกรองอากาศที่ติดอยู่บริเวณช่องอากาศเดือนละครั้ง หรือทำการล้างแล้วนำมาใช้ใหม่ได้ เครื่องให้อากาศบางชนิดต้องคอยหยอดน้ำมันหล่อลื่น ควรเลือกใช้ชนิดที่ไม่ต้องหยอดน้ำมันหล่อลื่น

การให้อากาศ (aeration) โดยการใช้เครื่องให้อากาศนั้น ฟองอากาศ (ภายในฟองเป็นอากาศ) ที่ออกจากหินฟองอากาศ ควรมีขนาดประมาณ 150 ไมครอน ส่วนการให้ออกซิเจน จากถังบรรจุออกซิเจนในระหว่างทำการขนส่งสัตว์น้ำนั้น ฟองอากาศ (ภายในฟองเป็นออกซิเจน) ควรมีขนาดประมาณ 50 ไมครอน สาเหตุที่ฟองอากาศหรือกล่าวอีกนัยหนึ่ง รูของหินฟองอากาศจากการใช้เครื่องให้อากาศ ควรมีขนาดใหญ่กว่ารูของหินฟองอากาศจากถังบรรจุออกซิเจนถึง 3 เท่าก็เพราะว่า ต้องคำนึงถึงขนาดและปริมาณของละอองฝุ่นที่ล่องลอยอยู่ในอากาศ ซึ่งสามารถทำให้รูของหินฟองอากาศเกิดการอุดตันได้

แม้เป็นที่เข้าใจกันโดยทั่วไปว่า การให้อากาศในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำเป็นการเพิ่มปริมาณออกซิเจนในน้ำ แต่ในสภาพความเป็นจริงแล้ว การให้อากาศโดยใช้ฟองอากาศ (ภายในฟองเป็นอากาศ) ขนาด 150 ไมครอน ที่ระดับความลึก 80 ซม. เกือบไม่มีการละลายของออกซิเจนเข้าไปในน้ำเลย เนื่องจากฟองอากาศลอยขึ้นสู่พื้นผิวน้ำอย่างรวดเร็วนั่นเอง เมื่อเป็นเช่นนี้ก็เกิดคำถามขึ้นว่า แล้วเราทำการให้อากาศในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำเพื่ออะไรกัน คำตอบก็คือว่า จุดประสงค์ที่แท้จริงต้องการให้มวลของน้ำระดับชั้นล่างที่มักขาดแคลนออกซิเจน ถูกนำขึ้นมายังระดับชั้นบน เพื่อทำให้เกิดการถ่ายเทและผสมกลมกลืนกันระหว่างมวลของน้ำระดับชั้นล่างและระดับชั้นบน ผลที่ตามมาก็คือ ทำให้

MAEJO UNIVERSITY ARCHIVES



ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำของมวลของน้ำระดับชั้นล่างและระดับชั้นบนมีค่าเฉลี่ยเท่า ๆ กันได้ ทั้งนี้เพราะการเพิ่มปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำเกิดขึ้นที่พื้นผิวน้ำ เพียงแต่ผิวน้ำมีการกระเพื่อมตัวและได้สัมผัสกับอากาศใหม่อยู่เสมอ ก็จะสามารถให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำที่บริเวณพื้นผิวน้ำ มีอย่างเพียงพอ

Oshima Y., Inaba T.(1974) ได้กล่าวว่า ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำเป็นสัดส่วนโดยตรงกับระยะทางที่ตกลงมา เช่น มวลของน้ำอันหนึ่งที่อุณหภูมิ 20 °ซ ก่อนทำการปล่อยให้ไหลตกลงมา มีค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolved Oxygen = DO) 0.00 มก./ลิตร

หลังจากที่ปล่อยให้ตกลงมาเป็นระยะทาง 0.5 เมตร มีค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ = 3.0 มก./ลิตร

หลังจากที่ปล่อยให้ตกลงมาเป็นระยะทาง 1.0 เมตร มีค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ = 3.2 มก./ลิตร

หลังจากที่ปล่อยให้ตกลงมาเป็นระยะทาง 1.5 เมตร มีค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ = 3.5 มก./ลิตร

หลังจากที่ปล่อยให้ตกลงมาเป็นระยะทาง 2.0 เมตร มีค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ = 3.7 มก./ลิตร

หลังจากที่ปล่อยให้ตกลงมาเป็นระยะทาง 3.0 เมตร มีค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ = 4.0 มก./ลิตร

หลังจากที่ปล่อยให้ตกลงมาเป็นระยะทาง 4.0 เมตร มีค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ = 6.4 มก./ลิตร

Okuhara H. (1965) รายงานว่า สมาคมอนุรักษ์ทรัพยากรประมงแห่งประเทศญี่ปุ่น ได้กำหนดมาตรฐานคุณสมบัติของน้ำในแหล่งน้ำจืด สำหรับใช้ในการประมง โดยมีวัตถุประสงค์ว่า มาตรฐานคุณสมบัติของน้ำดังกล่าว จะต้องมีความปลอดภัยต่อบรรดาสิ่งมีชีวิตทั้งหลายที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำนั้น โดยสามารถใช้เป็นที่อยู่อาศัยแพร่พันธุ์ และดำรงชีวิตอยู่ได้ใน สภาพปกติ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง คุณสมบัติของน้ำในหัวข้อเรื่องปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ได้กำหนดไว้ว่า "ในเวลา 24 ชั่วโมง ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำจะต้องมีค่ามากกว่า 5 ppm. (มก./ลิตร) ขึ้นไป ติดต่อกันเป็นระยะเวลานานกว่า 16 ชั่วโมง ขึ้นไป แต่จะต้องมีค่ามากกว่า 3 ppm. ขึ้นไปอยู่ตลอดเวลา"

MAEJO UNIVERSITY ARCHIVES



# อุปกรณ์และวิธีการ

1. บ่อคอนกรีต ขนาด 2.8 ม. x 3.2 ม. x 0.8 ม. จำนวน 3 บ่อ
2. อุปกรณ์ในการวิเคราะห์ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ได้แก่
   - ขวด BOD ขนาด 250 มล. จำนวน 34 ขวด
   - บิวเรตต์ ขนาด 50 มล.
   - ปิเปต ขนาด 1, 2, 5, 25 มล.
   - ขายึดบิวเรต สำหรับไตเตรท
   - กระบอกตวง ขนาด 100 มล.
   - ฟลาส ขนาด 100 มล.
   - กรวยแก้ว
3. เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิน้ำ
4. ไม้วัดระดับความลึกของน้ำ ยาว 1 เมตร จำนวน 3 ท่อน
5. ท่อพีวีซีแบบท่อตรง ขนาด 1 นิ้ว, 1/2 นิ้ว, 3/8 นิ้ว
   ท่อพีวีซีแบบข้องอ ขนาด 1 นิ้ว
   ท่อพีวีซีแบบข้อลด ขนาด 1 นิ้ว x 1/2 นิ้ว
6. สารเคมี
   - Manganese sulphate
   - Sodium azide
   - Sodium hydroxide
   - Sulfuric acid (conc.)
   - Soluble starch
   - Formalin
   - Sodium thiosulphate
   - Potassium dichromate
   - Potassium iodide
   - Salicylic acid

MAEJO UNIVERSITY ARCHIVES



7. การเตรียมสารเคมี

(7.1) สารละลาย Manganous sulfate : ละลาย 480 กรัม $MnSO_4 . 4H_2O$ ในน้ำกลั่นเล็กน้อย กรองและทำเป็นสารละลาย 1,000 มล. สารละลาย $MnSO_4$ จะไม่เกิดสีกับน้ำแป้ง

(7.2) สารละลาย Alkali - iodide - azide : ละลาย 500 กรัม NaOH + 150 กรัม KI เติมน้ำกลั่นเล็กน้อย และทำเป็นสารละลาย 1,000 มล. + 10 กรัม $NaN_3$ ซึ่งละลายในน้ำกลั่น 40 มล. สารละลายน้ำจะไม่เกิดสีกับน้ำแป้ง

(7.3) Sulfuric acid (conc.)

(7.4) Starch : ละลาย 2 กรัม Starch (lab grade) + 0.2 กรัม Salicylic acid ในน้ำกลั่นที่ร้อน จำนวน 100 มล.

(7.5) สารละลาย Standard sodium thiosulfate : ละลาย 6.205 กรัม $Na_2S_2O_3 . 5H_2O$ ในน้ำกลั่นเล็กน้อย + 0.4 กรัม NaOH และทำเป็นสารละลาย 1,000 มล. ทำการ standardize กับ Bi-iodate

(7.6) สารละลาย Standard Bi - iodate 0.0021 M. : ละลาย 812.4 มก. $KH(IO_3)_2$ ในน้ำกลั่น และทำเป็นสารละลาย 1,000 มล.

การ Standardize

ละลาย 2 กรัม KI ในฟลาสด้วยน้ำกลั่น 150 มล. + 1 มล. conc. $H_2SO_4$ + 20 มล. สารละลาย Standard Bi - iodate ทำเป็นสารละลาย 200 มล. และ titrate กับ thiosulfate โดยใช้น้ำแป้งก่อนถึง end point

8. วิธีการวิเคราะห์ DO

ใช้วิธี azide modification ในการ titrate แต่ละครั้ง เมื่อใช้ $Na_2S_2O_3$ จำนวนกี่ มล. สามารถคิดเป็นจำนวน ppm. (mg./l.) ของ DO ได้ทันที

MAEJO UNIVERSITY ARCHIVES



# การทดลอง

(1) ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มตลอด CRD (Completely Randomized Design) แบ่งเป็น 3 ทรีทเมนต์ ทรีตเมนต์ละ 3 ซ้ำ ได้แก่

ทรีทเมนต์ที่ 1 (T1) : ปล่อยน้ำเข้าบ่อโดยวิธีธรรมดา

ทรีทเมนต์ที่ 2 (T2) : ปล่อยน้ำเข้าบ่อโดยใช้ท่อพ่นฟองอากาศในแนวราบ

ทรีทเมนต์ที่ 3 (T3) : ปล่อยน้ำเข้าบ่อโดยใช้ท่อพ่นฟองอากาศในแนวตั้ง

ซ้ำที่ 1 (R1) : ทำการทดลองซ้ำที่ 1 ของแต่ละทรีทเมนต์

ซ้ำที่ 2 (R2) : ทำการทดลองซ้ำที่ 2 ของแต่ละทรีทเมนต์

ซ้ำที่ 3 (R3) : ทำการทดลองซ้ำที่ 3 ของแต่ละทรีทเมนต์

ตำแหน่งที่ 1 (S1) : ตำแหน่งที่ 1 ที่ทำการเก็บตัวอย่างน้ำในบ่อของแต่ละระดับ

ตำแหน่งที่ 2 (S2) : ตำแหน่งที่ 2 ที่ทำการเก็บตัวอย่างน้ำในบ่อของแต่ละระดับ

ตำแหน่งที่ 3 (S3) : ตำแหน่งที่ 3 ที่ทำการเก็บตัวอย่างน้ำในบ่อของแต่ละระดับ

ตำแหน่งที่ 4 (S4) : ตำแหน่งที่ 4 ที่ทำการเก็บตัวอย่างน้ำในบ่อของแต่ละระดับ

ตำแหน่งที่ 5 (S5) : ตำแหน่งที่ 5 ที่ทำการเก็บตัวอย่างน้ำในบ่อของแต่ละระดับ

MAEJO UNIVERSITY ARCHIVES



**การบันทึกข้อมูล**

(1) เมื่อทำการเปิดน้ำเต็มบ่อได้ที่ระดับน้ำ 60 ซม. จากพื้นก้นบ่อแล้ว จึงเริ่มทำการเก็บตัวอย่างน้ำใส่ขวด B.O.D. ที่ระดับปากท่อก่อน จากนั้นก็ทำการเก็บตัวอย่างน้ำที่ระดับน้ำ 60 ซม., 30 ซม., 10 ซม. จากพื้นก้นบ่อ ตามลำดับ (จากระดับช้างบนลงมาระดับช้างล่าง) และที่ทุกระดับน้ำ 60 ซม., 30 ซม., 10 ซม. ทำการเก็บตัวอย่างน้ำรวม 5 ตำแหน่ง (S1 - S5) ได้แก่ ที่ตำแหน่งมุมทั้ง 4 ของบ่อ และที่ตำแหน่งตรงกลางบ่อ

(2) บันทึกอุณหภูมิของน้ำและเวลาขณะทำการทดลอง

**การวิเคราะห์ข้อมูล**

วิเคราะห์หาความแตกต่างของปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) ของแต่ละทรีทเมนต์ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง

MAEJO UNIVERSITY ARCHIVES



# ผลการทดลอง

ทรีทเมนต์ที่ 1 คือปล่อยน้ำเข้าบ่อคอนกรีตโดยวิธีธรรมดา (ก๊อกน้ำ) ค่าเฉลี่ย DO ที่ระดับปากท่อ = 5.40 มก./ลิตร ค่าเฉลี่ย DO ที่ระดับความลึก 60 ซม. 30 ซม., 10 ซม. ภายหลังจากที่เปิดน้ำเต็มบ่อ = 6.59 มก./ลิตร ดังนั้น ค่าเฉลี่ย DO ที่เพิ่มขึ้น = 1.19 มก./ลิตร หรือคิดเป็นอัตราค่าเฉลี่ย DO ที่เพิ่มขึ้น = 22.04 %

ทรีทเมนต์ที่ 2 คือปล่อยน้ำเข้าบ่อคอนกรีตโดยวิธีใช้ท่อพ่นฟองอากาศในแนวราบ ค่าเฉลี่ย DO ที่ระดับปากท่อ = 5.80 มก./ลิตร ค่าเฉลี่ย DO ที่ระดับความลึก 60 ซม., 30 ซม., 10 ซม. ภายหลังจากที่เปิดน้ำเต็มบ่อ = 7.61 มก./ลิตร ดังนั้น ค่าเฉลี่ย DO ที่เพิ่มขึ้น = 1.81 มก./ลิตร หรือคิดเป็นอัตราค่าเฉลี่ย DO ที่เพิ่มขึ้น = 31.21%

ทรีทเมนต์ที่ 3 คือปล่อยน้ำเข้าบ่อคอนกรีตโดยวิธีใช้ท่อพ่นฟองอากาศในแนวตั้ง ค่าเฉลี่ย DO ที่ระดับปากท่อ = 6.23 มก./ลิตร ค่าเฉลี่ย DO ที่ระดับความลึก 60 ซม., 30 ซม., 10 ซม. ภายหลังจากที่เปิดน้ำเต็มบ่อ = 8.09 มก./ลิตร ดังนั้น ค่าเฉลี่ย DO ที่เพิ่มขึ้น = 1.86 มก./ลิตร หรือคิดเป็นอัตราค่าเฉลี่ย DO ที่เพิ่มขึ้น = 29.86%

ดังนั้น วิธีการปล่อยน้ำเข้าบ่อคอนกรีตโดยใช้ท่อพ่นฟองอากาศในแนวราบสามารถเพิ่มปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) ได้มากกว่าวิธีการปล่อยน้ำเข้าบ่อคอนกรีตโดยวิธีธรรมดา (ก๊อกน้ำ) = 1.81 - 1.19 = 0.62 มก./ลิตร และวิธีการปล่อยน้ำเข้าบ่อคอนกรีตโดยใช้ท่อพ่นฟองอากาศในแนวตั้ง สามารถเพิ่มปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO) ได้มากกว่าวิธีการปล่อยน้ำเข้าบ่อคอนกรีตโดยวิธีธรรมดา (ก๊อกน้ำ) = 1.86 - 1.19 = 0.67 มก./ลิตร

MAEJO UNIVERSITY ARCHIVES



# วิจารณ์ผล

(1) จากผลการทดลองทำให้ทราบว่า วิธีการปล่อยน้ำเข้าบ่อคอนกรีตโดยใช้ท่อพ่นฟองอากาศในแนวราบและท่อพ่นฟองอากาศในแนวตั้ง สามารถเพิ่มปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) ได้ดีกว่า วิธีการปล่อยน้ำเข้าบ่อคอนกรีตโดยวิธีธรรมดา (ก๊อกน้ำ) โดยไม่ต้องอาศัยพลังงานอื่น (เช่น ไฟฟ้า) เพิ่มเติมแต่อย่างใด

(2) ขณะทำการปล่อยน้ำเข้าบ่อ วิธีการปล่อยน้ำเข้าบ่อคอนกรีตโดยใช้ท่อพ่นฟองอากาศในแนวราบและท่อพ่นฟองอากาศในแนวตั้ง สามารถทำให้มวลของน้ำในบ่อมีการเคลื่อนไหวได้มากกว่า วิธีการปล่อยน้ำเข้าบ่อคอนกรีตโดยวิธีธรรมดา (ก๊อกน้ำ)

(3) วิธีการปล่อยน้ำเข้าบ่อคอนกรีตโดยใช้ท่อพ่นฟองอากาศในแนวราบ สามารถเพิ่มปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) ได้ดีกว่า วิธีการปล่อยน้ำเข้าบ่อคอนกรีต โดยใช้ท่อพ่นฟองอากาศในแนวตั้งเพียงเล็กน้อย ในปริมาณ (DO) ที่เกือบจะไม่แตกต่างกันเลย

# สรุป

วิธีการปล่อยน้ำเข้าบ่อคอนกรีตโดยใช้ท่อพ่นฟองอากาศในแนวราบและท่อพ่นฟองอากาศในแนวตั้ง สามารถเพิ่มปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) ได้มากกว่าวิธีการปล่อยน้ำเข้าบ่อคอนกรีตโดยวิธีธรรมดา (ก๊อกน้ำ) เท่ากับ 0.62 - 0.67 มก./ลิตร ในขณะเดียวกัน ขณะทำการปล่อยน้ำเข้าบ่อก็สามารถทำให้มวลของน้ำในบ่อมีการเคลื่อนไหวได้มากกว่าด้วย

MAEJO UNIVERSITY ARCHIVES



# เอกสารอ้างอิง

Aoe H., Fish Culture Machines and Materials Guide. 1988. Midori Publ., Tokyo, 98 - 99 p.

Ikeda J., Fish Culture. 1988. Midori Publ., Tokyo, 163 p.

Okuhara H., Suisan Yosui Kijun. 1965. Nihon Suisan Shigen Hogo Kyokai Publ., Tokyo, 8 p.

Oshima Y., Inaba T., Nijimasu (Rainbow Trout). 1974. Midori Publ., Tokyo, 88 p.

# ภาคผนวกที่ 1

ตารางภาคผนวกที่ 1 : แสดงปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) ที่เพิ่มขึ้นภายหลังจากที่เปิดน้ำเต็มบ่อในทรีทเมนต์ที่ 1 (T1) แบบปล่อยน้ำเข้าบ่อคอนกรีตโดยวิธีธรรมดา (ก๊อกน้ำ)

| ลำดับซ้ำ (R) และ ตำแหน่ง (S) / ค่า DO (มก./ลิตร) | T1R1 | | | | | | T1R2 | | | | | | T1R3 | | | | | | รวมเฉลี่ย |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | S1 | S2 | S3 | S4 | S5 | เฉลี่ย | S1 | S2 | S3 | S4 | S5 | เฉลี่ย | S1 | S2 | S3 | S4 | S5 | เฉลี่ย | |
| ที่ระดับปากท่อ | - | - | - | - | - | 5.4 | - | - | - | - | - | 5.4 | - | - | - | - | - | 5.4 | 5.40 |
| ที่ระดับ 60 ซม. (จากพื้นก้นบ่อ) | 6.9 | 6.7 | 6.6 | 6.6 | 6.7 | 6.70 | 6.8 | 6.5 | 6.6 | 6.6 | 6.6 | 6.62 | 6.8 | 6.6 | 6.0 | 6.5 | 6.8 | 6.54 | 6.62 |
| ที่ระดับ 30 ซม. | 6.6 | 6.5 | 6.5 | 6.8 | 6.8 | 6.64 | 6.8 | 6.5 | 6.6 | 6.9 | 6.3 | 6.62 | 6.0 | 6.8 | 6.6 | 6.3 | 6.5 | 6.44 | 6.57 |
| ที่ระดับ 10 ซม. | 6.8 | 6.5 | 6.5 | 6.8 | 6.6 | 6.64 | 6.4 | 6.4 | 6.4 | 6.6 | 6.8 | 6.52 | 6.8 | 6.5 | 6.6 | 6.5 | 6.4 | 6.56 | 6.57 |
| เฉลี่ย | 6.8 | 6.6 | 6.5 | 6.7 | 6.7 | 6.66 | 6.7 | 6.5 | 6.5 | 6.7 | 6.6 | 6.59 | 6.5 | 6.6 | 6.4 | 6.4 | 6.6 | 6.51 | 6.59 |
| ค่า DO ที่เพิ่มขึ้น (จากที่ระดับปากท่อ) | - | - | - | - | - | 1.26 | - | - | - | - | - | 1.19 | - | - | - | - | - | 1.11 | 1.19 |
| อุณหภูมิน้ำเมื่อเริ่มต้นการทดลอง (°C) | 26° C | | | | | | 27° C | | | | | | 26° C | | | | | | - |

MAEJO UNIVERSITY ARCHIVES

ตารางภาคผนวกที่ 2 : แสดงปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) ที่เพิ่มขึ้นภายหลังจากที่เปิดน้ำเต็มบ่อในทรีทเมนต์ที่ 2 (T2) แบบปล่อยน้ำเข้าบ่อคอนกรีตโดยวิธีใช้ท่อพ่นฟองอากาศในแนวราบ

| ลำดับซ้ำ (R) และ ตำแหน่ง (S) / ค่า DO (มก./ลิตร) | T2R1 | | | | | | T2R2 | | | | | | T2R3 | | | | | | รวมเฉลี่ย |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | S1 | S2 | S3 | S4 | S5 | เฉลี่ย | S1 | S2 | S3 | S4 | S5 | เฉลี่ย | S1 | S2 | S3 | S4 | S5 | เฉลี่ย | |
| ที่ระดับปากท่อ | - | - | - | - | - | 5.7 | - | - | - | - | - | 5.8 | - | - | - | - | - | 5.9 | 5.80 |
| ที่ระดับ 60 ซม.(จากพื้นก้นบ่อ) | 7.8 | 7.8 | 7.7 | 7.4 | 7.5 | 7.64 | 7.5 | 7.7 | 7.8 | 7.4 | 7.3 | 7.54 | 7.8 | 7.4 | 7.4 | 8.0 | 7.4 | 7.60 | 7.59 |
| ที่ระดับ 30 ซม. | 7.5 | 7.9 | 8.1 | 7.7 | 7.8 | 7.80 | 7.5 | 7.8 | 7.6 | 7.3 | 7.7 | 7.58 | 7.6 | 7.5 | 7.7 | 7.6 | 7.6 | 7.60 | 7.66 |
| ที่ระดับ 10 ซม. | 7.7 | 7.5 | 7.8 | 7.5 | 7.4 | 7.58 | 7.5 | 7.7 | 7.5 | 7.5 | 7.6 | 7.56 | 7.7 | 7.6 | 7.8 | 7.7 | 7.4 | 7.64 | 7.59 |
| เฉลี่ย | 7.7 | 7.7 | 7.9 | 7.5 | 7.6 | 7.67 | 7.5 | 7.7 | 7.6 | 7.4 | 7.5 | 7.56 | 7.7 | 7.5 | 7.6 | 7.8 | 7.5 | 7.61 | 7.61 |
| ค่า DO ที่เพิ่มขึ้น (จากที่ระดับปากท่อ) | - | - | - | - | - | 1.97 | - | - | - | - | - | 1.76 | - | - | - | - | - | 1.71 | 1.81 |
| อุณหภูมิน้ำเมื่อเริ่มต้นการทดลอง (°C) | 26° C | | | | | | 27° C | | | | | | 26° C | | | | | | - |



MAEJO UNIVERSITY ARCHIVES

ตารางภาคผนวกที่ 3 : แสดงปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) ที่เพิ่มขึ้นภายหลังจากที่เปิดน้ำเต็มบ่อในทรีทเมนต์ที่ 3 (T3) แบบปล่อยน้ำเข้าบ่อคอนกรีตโดยวิธีใช้ท่อพ่นฟองอากาศในแนวตั้ง

| ลำดับซ้ำ (R) และ ค่า DO ตำแหน่ง (S) (มก./ลิตร) | T3R1 | | | | | | T3R2 | | | | | | T3R3 | | | | | | รวมเฉลี่ย |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | S1 | S2 | S3 | S4 | S5 | เฉลี่ย | S1 | S2 | S3 | S4 | S5 | เฉลี่ย | S1 | S2 | S3 | S4 | S5 | เฉลี่ย | |
| ที่ระดับปากท่อ | - | - | - | - | - | 6.3 | - | - | - | - | - | 6.4 | - | - | - | - | - | 6.0 | 6.23 |
| ที่ระดับ 60 ซม.(จากพื้นก้นบ่อ) | 7.9 | 7.7 | 7.5 | 7.9 | 7.7 | 7.74 | 8.4 | 8.4 | 8.4 | 8.2 | 8.5 | 8.38 | 8.0 | 7.9 | 7.7 | 7.7 | 7.8 | 7.82 | 7.98 |
| ที่ระดับ 30 ซม. | 7.8 | 9.3 | 7.5 | 7.7 | 7.5 | 7.96 | 8.3 | 8.4 | 7.5 | 8.4 | 7.5 | 8.02 | 7.8 | 7.7 | 8.1 | 8.1 | 8.5 | 8.04 | 8.01 |
| ที่ระดับ 10 ซม. | 8.2 | 8.2 | 8.6 | 8.5 | 8.8 | 8.46 | 8.6 | 8.6 | 8.0 | 8.5 | 8.2 | 8.38 | 7.9 | 7.9 | 7.7 | 7.9 | 8.6 | 8.00 | 8.28 |
| เฉลี่ย | | | | | | 8.05 | | | | | | 8.26 | | | | | | 7.95 | 8.09 |
| ค่า DO ที่เพิ่มขึ้น (จากที่ระดับปากท่อ) | | | | | | 1.75 | | | | | | 1.86 | | | | | | 1.95 | 1.86 |
| อุณหภูมิน้ำเมื่อเริ่มต้นการทดลอง (°C) | 26° C | | | | | | 27° C | | | | | | 26° C | | | | | | - |

MAEJO UNIVERSITY ARCHIVES

MAEJO UNIVERSITY ARCHIVES

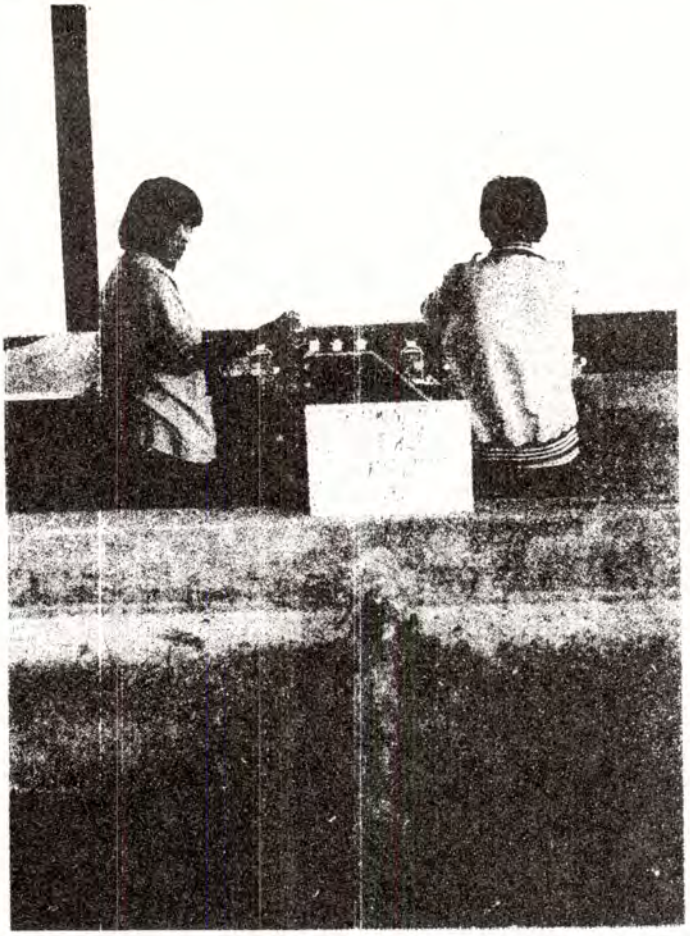


ตารางภาคผนวกที่ 4 : สรุปปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) ที่เพิ่มขึ้นภายหลังจากที่เปิดน้ำเต็มบ่อ ของทรีทเมนต์ที่ 1 - 3 (T1 - T3)

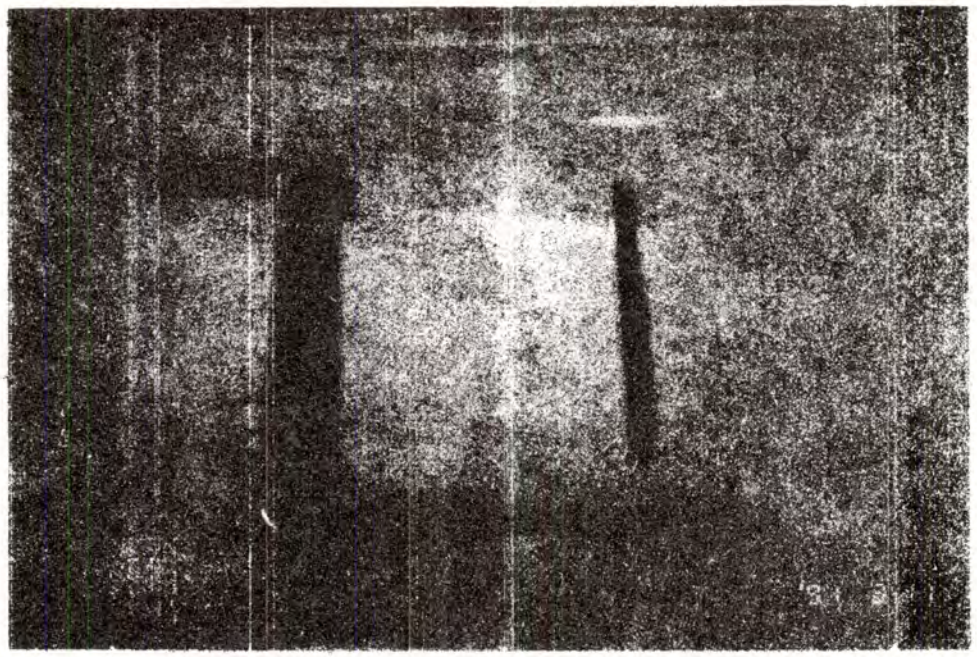
| ลำดับทรีทเมนต์ | ค่าเฉลี่ย DO (มก./ลิตร) | | | DO ที่เพิ่มขึ้น (%) |
|---|---|---|---|---|
| | ที่ระดับปากบ่อ | ที่ระดับ 60 ซม., 30 ซม., 10 ซม., ภายหลังจากที่เปิดน้ำเต็มบ่อ | DO ที่เพิ่มขึ้น | |
| T1 : ปล่อยน้ำเข้าบ่อคอนกรีตโดยวิธีธรรมดา (ก๊อกน้ำ) | 5.40 | 6.59 | 1.19 | 22.04 |
| T2 : ปล่อยน้ำเข้าบ่อคอนกรีตโดยวิธีใช้ท่อพ่นฟองอากาศในแนวราบ | 5.80 | 7.61 | 1.81 | 31.21 |
| T3 : ปล่อยน้ำเข้าบ่อคอนกรีตโดยวิธีใช้ท่อพ่นฟองอากาศในแนวตั้ง | 6.23 | 8.09 | 1.86 | 29.86 |

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยแม่โจ้
MAEJO UNIVERSITY ARCHIVES





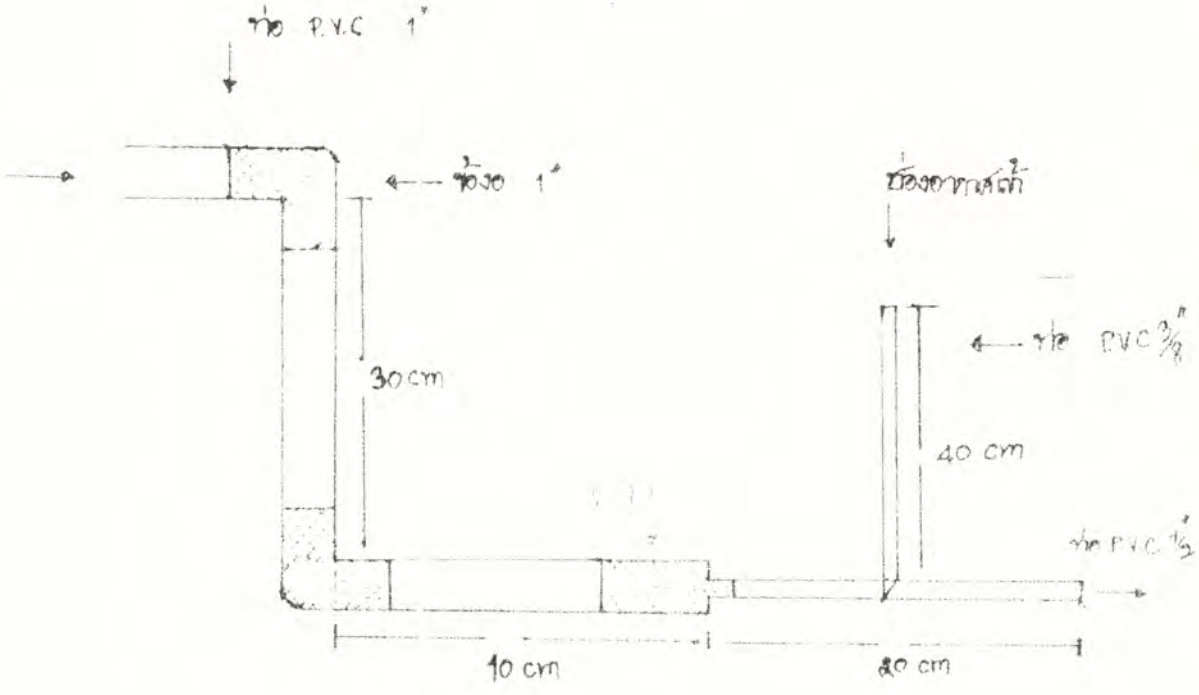
รูปที่ 1 : เปิดน้ำเข้าบ่อโดยวิธีธรรมดา (T1)



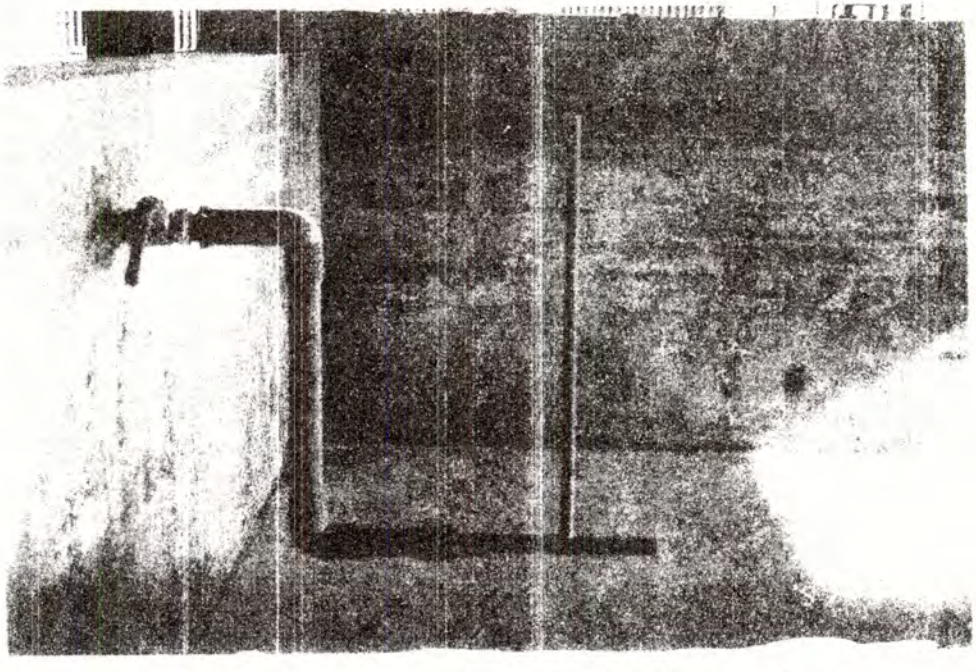
รูปที่ 2 : โครงสร้างของท่อพ่นฟองอากาศในแนวราบ

MAEJO
UNIVERSITY
ARCHIVES





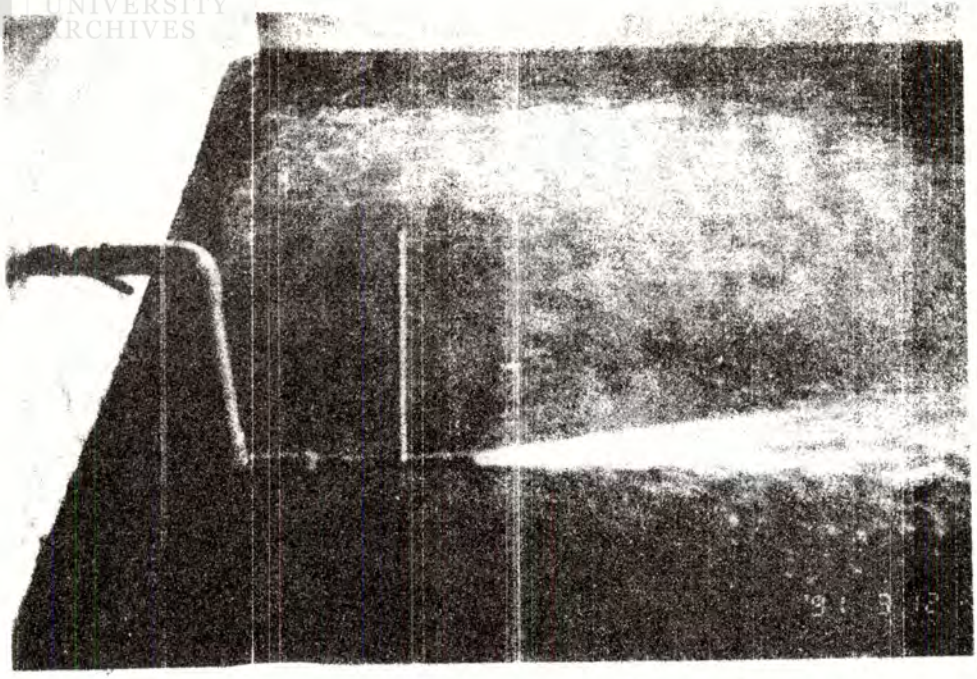

รูปที่ 3 : โครงสร้างของท่อพ่นฟองอากาศในแนวบราบ



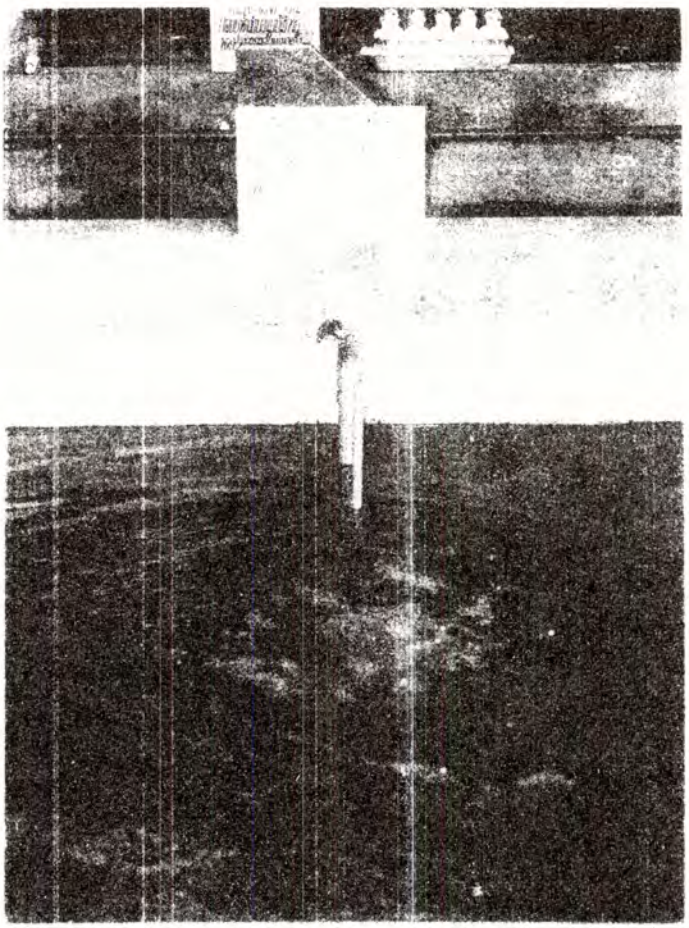
รูปที่ 4 : ท่อพ่นฟองอากาศในแนวราบ ขณะที่ติดตั้งเสร็จแล้ว

MAEJO UNIVERSITY ARCHIVES

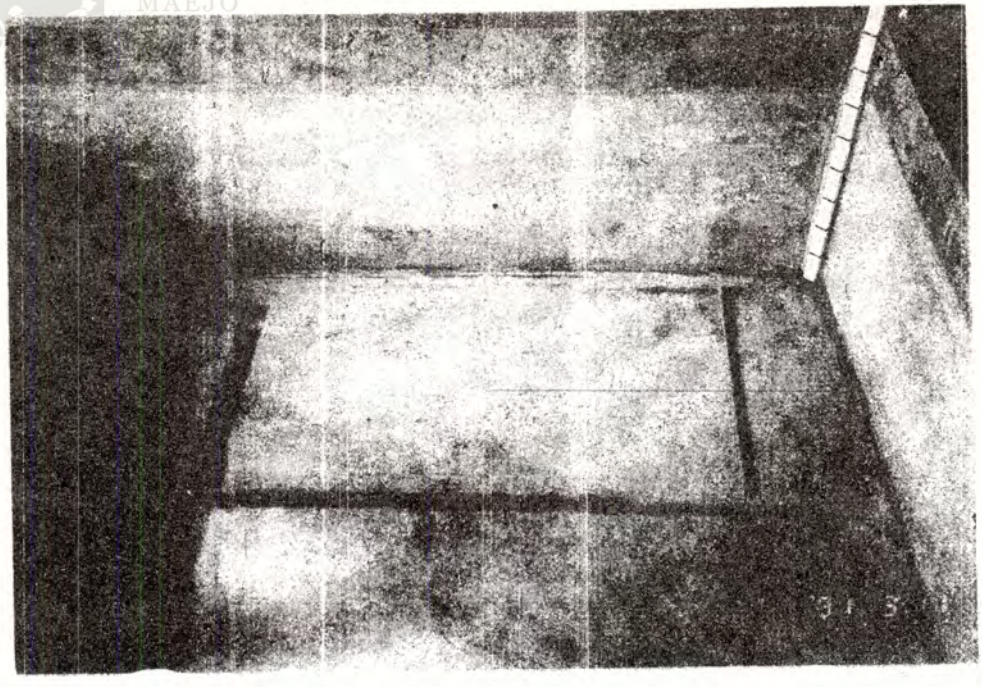




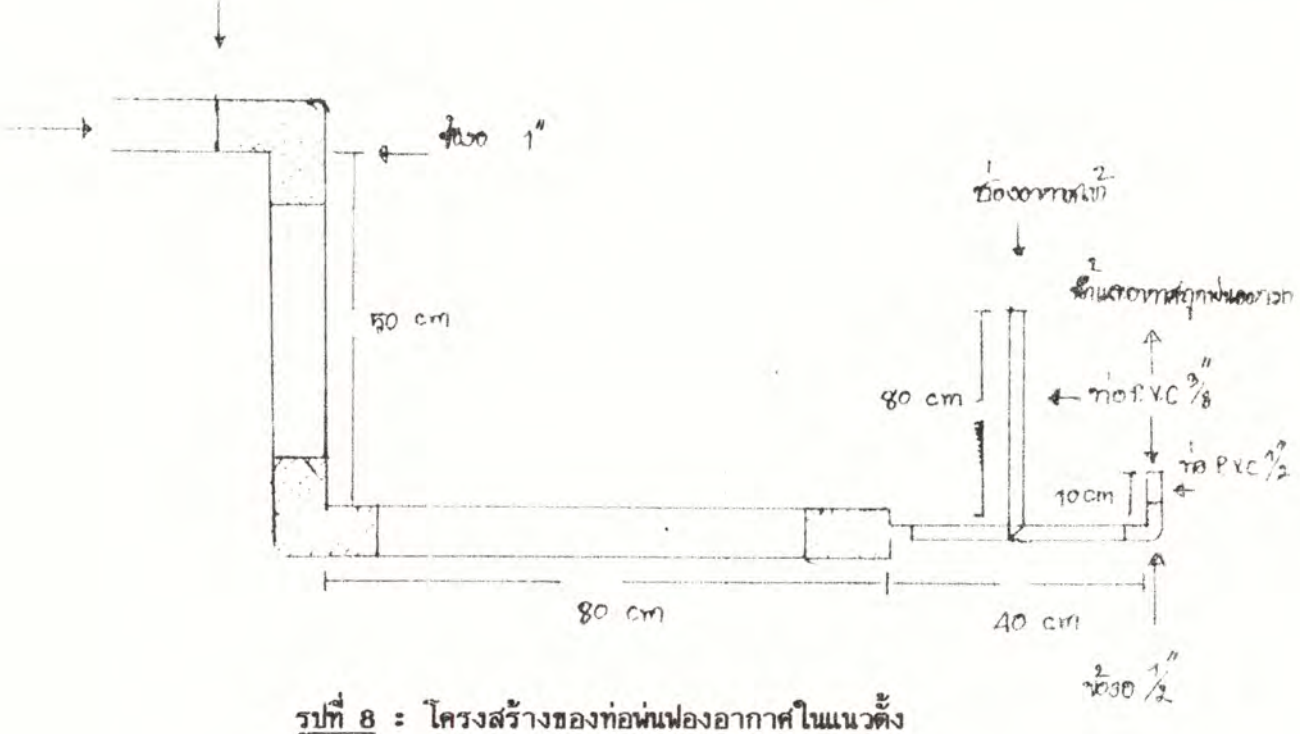
รูปที่ 5 : ท่อพ่นฟองอากาศในแนวราบ ขณะที่กำลังเปิดน้ำเข้าบ่อ



รูปที่ 6 : แสดงการเคลื่อนไหวของมวลน้ำในบ่อ ขณะที่กำลังเปิดน้ำเข้าบ่อโดยใช้ท่อพ่นฟองอากาศในแนวราบ



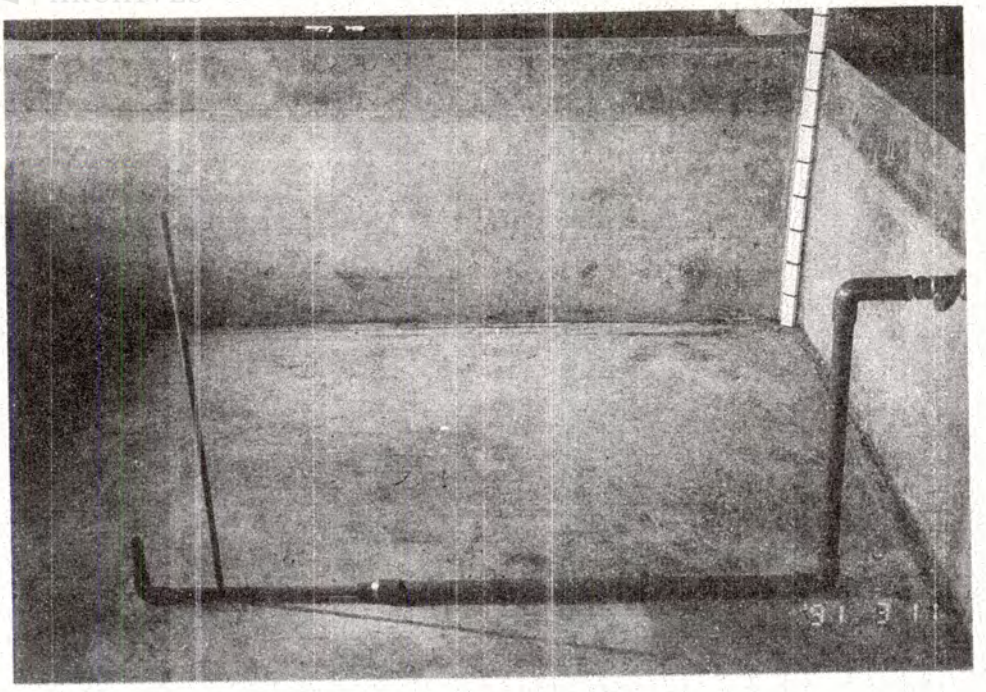
รูปที่ 7 : โครงสร้างของท่อพ่นฟองอากาศในแนวตั้ง



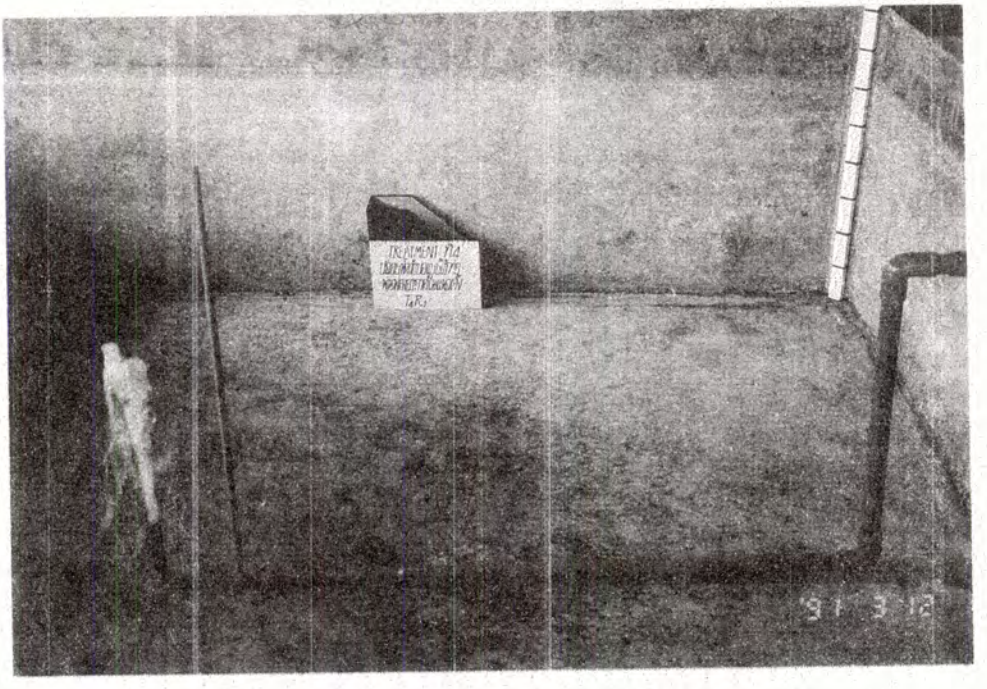

รูปที่ 8 : โครงสร้างของท่อพ่นฟองอากาศในแนวตั้ง

MAEJO
UNIVERSITY
ARCHIVES



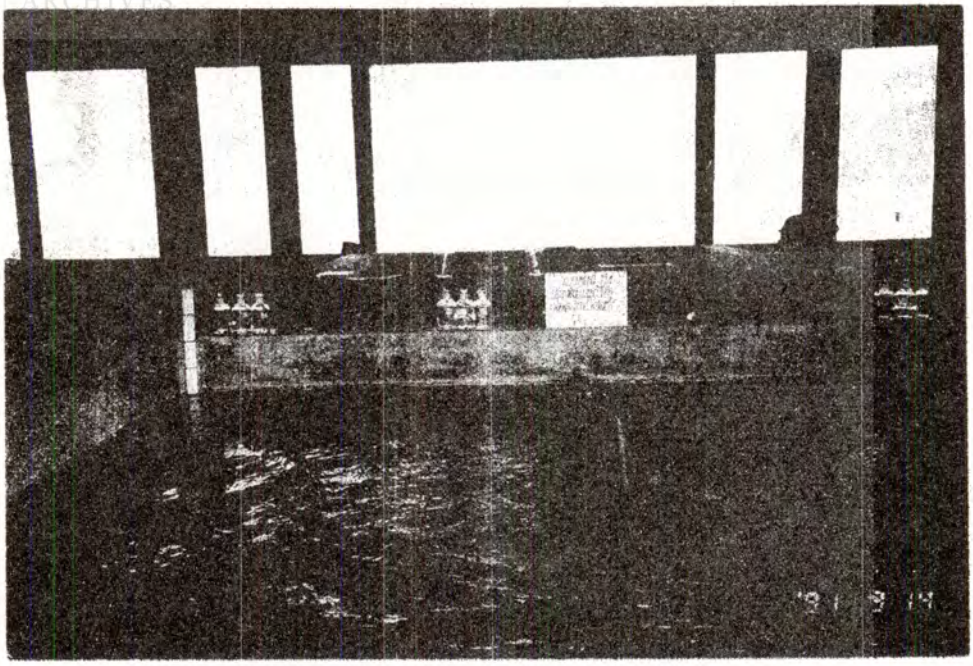


รูปที่ 9 : ท่อพ่นฟองอากาศในแนวตั้ง ขณะที่ติดตั้งเสร็จแล้ว



รูปที่ 10 : ท่อพ่นฟองอากาศในแนวตั้ง ขณะที่กำลังเปิดน้ำเข้าบ่อ

MAEJO
UNIVERSITY
ARCHIVES



<u>รูปที่ 11</u> : แสดงการเคลื่อนไหวของมวลน้ำในบ่อ ขณะที่กำลังเปิดน้ำเข้าบ่อโดยใช้ท่อพ่นฟองอากาศในแนวตั้ง