

การศึกษาสมรรถนะของปั๊มดูดโคลนแบบอีเจ็คเตอร์
A Study on the Performance of an Ejector – Type Pump
Used in Dredge – Mud Pumping

มนต์ศักดิ์ พิมสาร¹, เอกลักษณ์ หงษ์มิ่งมงคล² และ จำลอง ปรวบแก้ว³
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520
โทร 0-2326-4197 โทรสาร 0-2326-4198 อีเมลล์ kpmonsak@kmitl.ac.th¹ และ kpchamlo@kmitl.ac.th³
Monsak Pimsarn¹ and Chamlong Prabkeao³

Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang,
Bangkok 10520, Tel:0-2326-4197, Fax: 0-2326-4198
E-mail: kpmonsak@kmitl.ac.th¹ and kpchamlo@kmitl.ac.th³

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการศึกษาสมรรถนะของปั๊มแบบอีเจ็คเตอร์ที่ใช้ในการดูดโคลนโดยวิธีการทดลอง ในการศึกษาจะทำการศึกษาผลกระทบของอัตราส่วนผสมของน้ำกับโคลน และอัตราส่วนระหว่างระยะของหัวฉีดกับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของห้องผสม (I/D) ต่อสมรรถนะของปั๊ม ในการศึกษาทดลองจะใช้สัดส่วนของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของหัวฉีดต่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของห้องผสม (d/D) เท่ากับ 0.5 อัตราส่วนผสมของน้ำกับโคลนที่ 0 %, 20 %, 30 % และ 50 % และสัดส่วนของขนาดระยะปลายหัวฉีดกับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของห้องผสม (I/D) เท่ากับ 0.0, 0.5 1.0 และ 2.0 จากนั้นนำผลการทดลองที่ได้มาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพ (η) กับอัตราส่วนการไหลของน้ำจากหัวฉีดและส่วนผสมของน้ำกับโคลนที่ท่อทางดูด (Q_j/Q_s) จากผลการทดลองพบว่ากรณีที่ดูดน้ำอย่างเดียวจะได้ค่าประสิทธิภาพของอีเจ็คเตอร์ปั๊มสูงสุด 25 % ที่อัตราส่วนการไหล (Q_j/Q_s) เท่ากับ 0.6 และกรณีที่มีส่วนผสมของโคลน 20 % จะได้ค่าประสิทธิภาพของอีเจ็คเตอร์ปั๊ม 20 % ที่อัตราส่วนการไหล (Q_j/Q_s) เท่ากับ 0.5 ถ้ามีปริมาณการผสมของโคลนมากขึ้นจะทำให้ประสิทธิภาพของอีเจ็คเตอร์ปั๊มลดลง ในขณะที่เดียวกันอัตราส่วนการไหลก็จะลดลงด้วย และที่ระยะหัวฉีด (I/D) เท่ากับ 0.5 จะให้ค่าประสิทธิภาพสูงสุด

คำสำคัญ: อีเจ็คเตอร์ปั๊ม, การดูดโคลน, การหาสมรรถนะของปั๊มหัวฉีด

Abstract

This paper is aimed to experimentally study the performance of an ejector-type pump used in dredge-mud pumping. In the study, the effect of mud and water ratio and a ratio of nozzle position and mixing chamber diameter (I/D) on the pump performance is investigated. In the experiment, the ratio of nozzle diameter and mixing chamber diameter (d/D) of 0.5 is used and the mixing ratios of water and mud are 0%, 20%, 30% and 50%. Additionally, the ratio of nozzle position and mixing chamber diameter (I/D) is varied as 0.0, 0.5, 1.0 and 2.0. The obtained results are plotted to show the relationship between the pump performance and the ratio of jet flow rate and suction flow rate (Q_j/Q_s). The results indicate that the maximum performance of the pump is 22% when it is used for water pumping and the ratio of jet flow rate and suction flow rate (Q_j/Q_s) is equal to 0.6. In case of dredge-mud pumping with 20% of mud mixture, the maximum performance of the pump is 20% when the ratio of jet flow rate and suction flow rate (Q_j/Q_s) is equal to 0.5. Moreover, it is found that the pump performance and the ratio of jet flow rate and suction flow rate (Q_j/Q_s) decrease when the percent of mud mixture increases. The maximum performance always occurs when the ratio of nozzle position and mixing chamber diameter (I/D) is 0.5.

TSF016

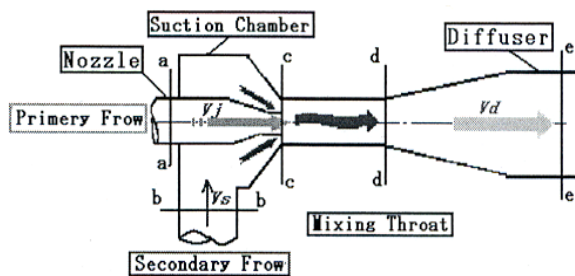
1. บทนำ

ปัจจุบันนี้ในแม่น้ำลำคลองต่างๆ มักจะมีการตื่นเขินบ่อยๆ อันเนื่องมาจากน้ำฝนหรือน้ำใช้จากบ้านเรือนชะล้างเศษดิน และสิ่งปฏิกูลต่างๆ ไหลมาทางคุระบายน้ำ หรือทางผิวดินลงสู่ลำคลองสาธารณะ ทำให้หน่วยงานภาครัฐต้องเสียค่าใช้จ่ายในการขุดลอกคูคลองอยู่บ่อยๆ การขุดลอกคูคลองที่มีส่วนผสมของโคลนจะทำได้โดยการรดตกเป็นหลัก และมีผู้พยายามขุดโคลนโดยใช้บีม์หอยโข่งก็ไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร อันเนื่องมาจากใบพัดเกิดความเสียหายได้ง่ายอายุการใช้งานของบีม์หอยโข่งสั้นลงมาก ส่งผลให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายมากอีกด้วย ดังนั้น ทางทีมงานจึงเห็นว่าการนำระบบอีเจ็คเตอร์บีม์มาใช้ในการขุดโคลนในแม่น้ำลำคลอง จึงน่าจะเป็นทางเลือกหนึ่งที่จะนำมาใช้ได้ เพราะระบบ

อีเจ็คเตอร์บีม์ ไม่มีโครงสร้างที่ซับซ้อน ไม่มีชิ้นใดส่วนที่เคลื่อนที่หรือหมุน จึงบำรุงรักษาได้ง่ายและต้องการซ่อมบำรุงน้อย

จากที่ผ่านมาได้มีการทำการศึกษาระสิทธิภาพของอีเจ็คเตอร์บีม์ กันมาาก่อนดังจะเห็นได้จากผลงานการวิจัยของ Hansen และ Kin [1], Elger et.al [2] และ พีระและคณะ [3] นอกจากนี้ จำลองและมนต์ศักดิ์ [4] ได้ทำการศึกษาระสิทธิภาพของเจ็ตบีม์ที่ใช้ในการขุดทรายโดยวิธีทางทฤษฎีและการทดลอง ในบทความนี้ได้มีความสนใจว่าที่จะนำเจ็ตบีม์มาใช้ในการขุดโคลนเพื่อศึกษาหาประสิทธิภาพต่อการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนผสมระหว่างน้ำกับโคลน

2. หลักการและการคำนวณหาประสิทธิภาพระบบเจ็ตบีม์



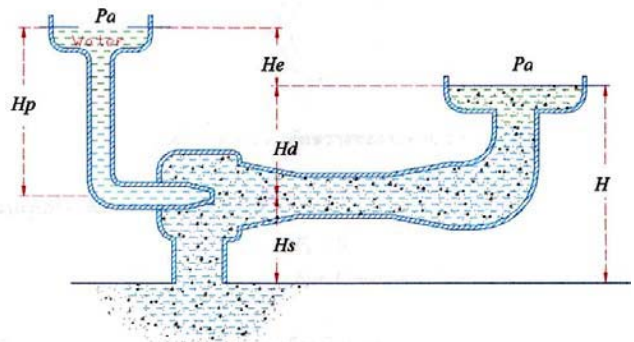
รูปที่ 1. แสดงส่วนประกอบหลักของอีเจ็คเตอร์บีม์

ระบบอีเจ็คเตอร์บีม์มีส่วนประกอบหลักที่สำคัญ 4 ส่วนคือ หัวฉีด (Nozzle) ช่องทางดูด (Suction Chamber) ห้องผสม (Mixing Throat) และท่อลดความเร็ว (Diffuser) การทำงานของอีเจ็คเตอร์บีม์ ใช้หลักการจลศาสตร์ของของไหล โดยให้ของไหลที่มีความดันสูง (Motive Fluid) ไหลผ่านหัวฉีดด้วยความเร็วสูง ผลของความเร็วสูงจะทำให้เกิดความดันต่ำในช่องทางเข้าของห้องผสมจึงเป็นเหตุให้ของไหลที่ช่องทางดูด (Suction Fluid) ถูกดูดเข้ามาในห้องผสม แล้วจะเกิดโมเมนตัมเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเฉลี่ยระหว่างความเร็วของของไหลจากหัวฉีดและความเร็วของของไหลจากช่องทางดูด โดยความเร็วจะลดลงในส่วนของท่อขยาย (Diffuser) และเปลี่ยนเป็นความดันหลักให้ของไหลไหลออกทางท่อส่ง ลักษณะโครงสร้างโดยทั่วไปของอีเจ็คเตอร์บีม์ดังแสดงในรูปที่ 1 ประสิทธิภาพของอีเจ็คเตอร์บีม์คำนวณได้จากสมการที่ 1

$$\eta = \frac{\gamma_{ms}}{\gamma} \cdot \frac{Q_s}{Q_j} \cdot \frac{H}{H_e} = \frac{\gamma_{ms}}{\gamma} \cdot \frac{Q_s}{Q_j} \cdot \frac{H_d - H_s}{H_j - H_d} \quad (1)$$

เมื่อ

- η : Efficiency
- Q_j : Primary jet flow rate
- H_j : Drive head
- Q_s : Secondary jet flow rate
- H_s : Suction head
- Q_d : Delivery flow rate
- H_d : Discharge head
- γ_{ms} : Specific weight of slurry
- γ : Specific weight of water



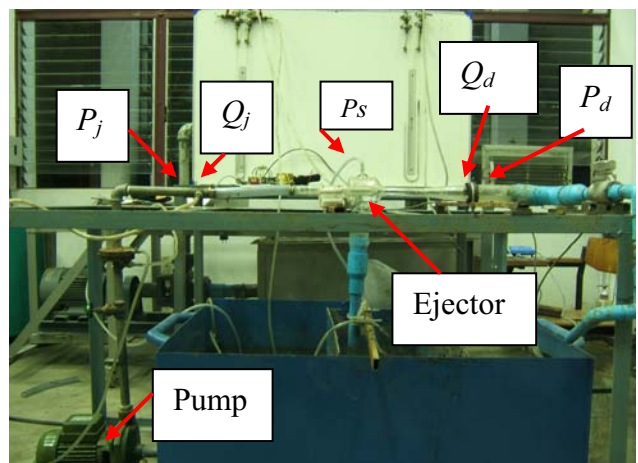
รูปที่ 2. ค่าเฮดในระบบอีเจ็คเตอร์บีม์

3. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

อุปกรณ์ทดลองประกอบด้วยตัวอีเจ็คเตอร์บีม์ ดังแสดงในรูปที่ 3 เป็นอุปกรณ์หลัก โดยใช้บีม์น้ำขนาด 1 แรงแม่เป็นตัวขับเคลื่อนน้ำออกจากหัวฉีด และอุปกรณ์การวัดต่างๆ



รูปที่ 3. ลักษณะของอีเจ็คเตอร์บีม์

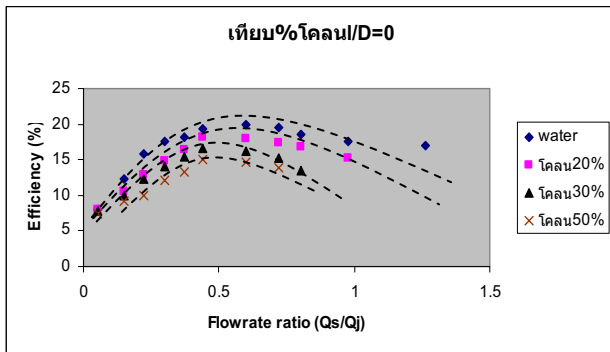


รูปที่ 4. แสดงชุดทดลอง

ประกอบอีเจ็คเตอร์บี้มร่วมกับอุปกรณ์อื่นๆ เป็นชุดการทดลองดังรูปที่ 4. แล้วผสมน้ำกับโคลนที่ความเข้มข้น 0, 20, 30, และ 50 % เพื่อจ่ายเข้าทางด้านดูดของอีเจ็คเตอร์บี้ม โดยวัดอัตราการไหลจากหัวฉีด (Q_j) โดยใช้ออริฟิส และอัตราการไหลด้านออก (Q_s) โดยใช้วิธีชั่งน้ำหนัก วัดค่าความดันจากหัวฉีด (P_j), ความดันด้านจ่ายออก (P_d) ด้วย Pressure gauge และ วัดความดันในท่อดูดของอีเจ็คเตอร์ (P_s) ด้วย Vacuum gauge การทดลองจะทำการปรับเปลี่ยนตำแหน่งของหัวฉีดที่ระยะสัดส่วน (I/D) = 0, 0.5 1.0 และ 2.0 ตามลำดับ

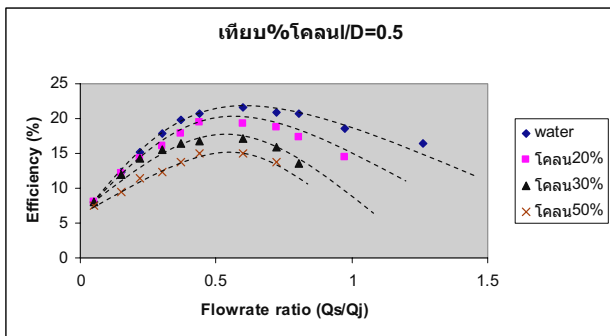
4. ผลการทดลอง

จากรูปที่ 5 แสดงประสิทธิภาพของอีเจ็คเตอร์บี้มโดยการเปลี่ยนอัตราส่วนอัตราการไหล (Q_s/Q_j) และส่วนผสมของน้ำกับโคลนที่ 0%, 20%, 30%, 50%, ตามลำดับ, ที่อัตราส่วนระหว่างระยะของหัวฉีดกับขนาดวัดผ่าศูนย์กลางของห้องผสม (I/D) เท่ากับ 0 จากผลทดลองจะเห็นว่าที่อัตราส่วนอัตราการไหล(Q_s/Q_j)เท่ากับ 0.60 ประสิทธิภาพจะสูงที่สุดเท่ากับ 20 % และเมื่อความเข้มข้นของปริมาณโคลนมากขึ้นก็จะทำให้ประสิทธิภาพลดลง และตำแหน่งที่จุดให้ประสิทธิภาพสูงสุดก็จะลดไปในตำแหน่งที่ค่าอัตราการไหลลดลงด้วย



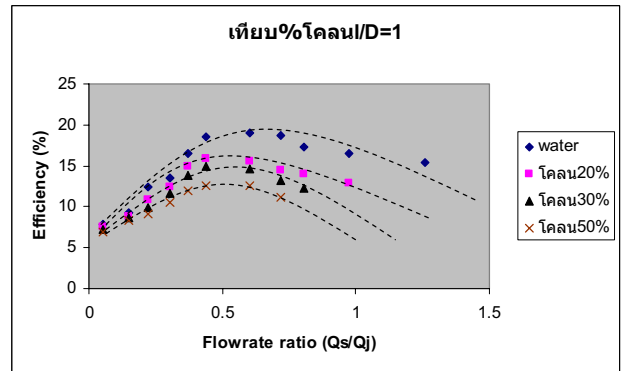
รูปที่ 5. ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพ กับ อัตราการไหลที่ระยะหัวฉีด (I/D) = 0

จากรูปที่ 6 เมื่อทดลองโดยการปรับตำแหน่งหัวฉีด ไปที่อัตราส่วนระหว่างระยะของหัวฉีดกับขนาดวัดผ่าศูนย์กลางของห้องผสม (I/D) เท่ากับ 0.5 จะเห็นว่าที่อัตราส่วนอัตราการไหล (Q_s/Q_j)เท่ากับ 0.60 จะให้ประสิทธิภาพสูงที่สุดเท่ากับ 22 % และเมื่อความเข้มข้นของปริมาณโคลนมากขึ้นก็จะทำให้ประสิทธิภาพลดลงด้วยเช่นกัน

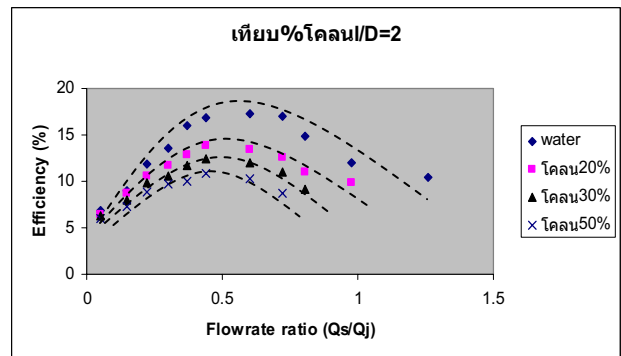


รูปที่ 6. กราฟแสดงผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพ กับ อัตราการไหลที่ระยะหัวฉีด (I/D) = 0.5

จากรูปที่ 7 และ 8 เมื่อทดลองโดยการปรับตำแหน่งหัวฉีด ไปที่อัตราส่วนระหว่างระยะของหัวฉีดกับขนาดวัดผ่าศูนย์กลางของห้องผสม (I/D) เท่ากับ 1.0 และ 2.0 จะเห็นว่าที่อัตราส่วนอัตราการไหล (Q_s/Q_j) เท่ากับ 0.60 จะให้ประสิทธิภาพสูงที่สุดลดลง เท่ากับ 19 % และ 17 % ตามลำดับ และเมื่อความเข้มข้นของปริมาณโคลนมากขึ้นก็จะทำให้ประสิทธิภาพลดลงด้วยเช่นกัน



รูปที่ 7. ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพ กับ อัตราการไหล ที่ระยะหัวฉีด (I/D) = 1.0



รูปที่ 8. ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพ กับ อัตราการไหล ที่ระยะหัวฉีด (I/D) = 2

5. สรุปผลการทดลอง

เมื่อเปรียบเทียบผลการทดลอง จากรูปที่ 5, 6, 7, และ 8 สรุปได้ว่า เมื่อสูบน้ำซึ่งเป็นของไหลชนิดเดียวกัน ประสิทธิภาพของอีเจ็คเตอร์บี้มสูงที่สุดที่ 22 % ที่อัตราส่วนการไหลจากหัวฉีดต่ออัตราการไหลจากท่อดูด(Q_s/Q_j) = 0.6 และเมื่อปริมาณความเข้มข้นของโคลนที่ผสมในน้ำมากขึ้นก็จะทำให้ประสิทธิภาพของอีเจ็คเตอร์บี้มลดลง นอกจากนั้นผลการทดลองยังทำให้ทราบว่าที่อัตราส่วนระหว่างระยะของหัวฉีดกับขนาดวัดผ่าศูนย์กลางของห้องผสม (I/D) เท่ากับ 0.5 จะเป็นตำแหน่งที่ทำให้ค่าประสิทธิภาพของอีเจ็คเตอร์บี้มมีค่าสูงสุด

เอกสารอ้างอิง

[1] Hansen, A. G., Kin navy, R. (1965): The Design of Water-Jet Pumps, ASME Paper 65-WA/FE 31 and 32.
 [2] N.L.SANGER (1970): An experimental Investigation of Several

Low-Area-Ratio Water Jet Pump, Journal of Basic Engineering
Mach, pp.11- 19

- [3] T.W.Richardson, (1983): Performance of center- drive jet pump
in water and in sand. World Dredging Congress, April, pp.157-
168
- [4] พีระ นิยมเดชา ,ภูวดล วิษะรัตน์ ,วิศิษฐ์สรุร แสงเพชร “การศึกษา
สมรรถนะของปั้มน้ำแบบหัวฉีด” วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี 2547 ภาค
วิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง
- [5] จำลอง และ มนต์ศักดิ์, “การศึกษาสมรรถนะของเจ็ตปั้มน้ำที่ใช้ในการ
ดูดทราย”, การประชุมเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย
ครั้งที่ 18, 18-20 ตุลาคม 2548, จังหวัดขอนแก่น