พื้นฐานการแก้ปัญหาน้ำท่วมกรุงเทพฯ
Basic Solution for Bangkok Flooding

รองศาสตราจารย์ ฤชากร จิรกาลวสาน
(Associate Professor Richakorn Chirakalwasan)
อดีตอาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
อดีตผู้ทรงคุณวุฒิพิเศษ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ศรีราชา
โทร. 0818212183 โทรสาร 026936754
E-Mail: richakorn.c@chula.ac.th หรือ richakorn@yahoo.com

บทคัดย่อ

บทความนี้เกี่ยวกับการแก้ปัญหาน้ำท่วม ซึ่งอาจจะมิได้เกี่ยวกับระบบปรับอากาศโดยตรง จึงขอเขียนบทคัดย่อที่ยาวผิดปกติเพื่อให้ผู้ที่ไม่มีเวลาสามารถอ่านเฉพาะบทคัดย่อก็พอเข้าใจ

การจะแก้ปัญหาน้ำท่วมเนื่องจากน้ำฝน ต้องเข้าใจก่อนว่าคลองและแม่น้ำคือบ่อสำหรับเก็บน้ำฝนโดยที่ไม่รู้ตัว บ่อที่ลึกและกว้างเท่าไรก็ย่อมเก็บน้ำฝนได้มากเท่านั้น กรุงเทพบ้านเรือนหนาแน่นขยายด้านกว้างไม่ได้จำเป็นต้องขุดให้ลึก น้ำฝนที่ตกลงมาจะต้องมีท่อใหญ่หรือรางกว้างและลึกพอที่จะให้มันไหลลงบ่อเก็บที่ใกล้ที่สุดเช่นคลองเล็ก คลองเล็กถ้าไม่มีการระบายหรือไหลออกในที่สุดก็จะเต็ม ดังนั้นคลองเล็กมักจะให้ไหลลงสู่คลองใหญ่ คลองใหญ่จึงต้องมีขนาดรับน้ำรวมของคลองเล็กทั้งหมดที่ไหลเข้ามา คลองจะลึกหรือใหญ่เท่าไรก็ตามก็จะเต็มเช่นกัน จึงต้องระบายออกโดยทั่วไปก็จะลงสู่แม่น้ำ ดังนั้นแม่น้ำจึงต้องมีขนาดสามารถรับน้ำจากคลองใหญ่ทั้งหมดที่ไหลเข้ามา แม่น้ำก็เช่นเดียวก็จะต้องระบายออก ที่ระบายออกก็คือทะเล ทะเลคือบ่อเก็บน้ำที่กว้างใหญ่ไพศาล ถ้าในฤดูฝนระดับน้ำทะเลสูง มีความจำเป็นต้องมีกำแพงกันน้ำทะเลไหลเข้าพร้อมกับมีสถานีใช้ปั๊มสูบน้ำออกทิ้งทะเล ทั้งหมดที่กล่าวมาสามารถใช้พื้นฐานเบื้องต้นของการไหลของน้ำในแม่น้ำลำคลอง การไหลตามธรรมชาติเกิดขึ้นได้ก็

เนื่องจากความแตกต่างของระดับน้ำ แม่น้ำลำคลองเปรียบเหมือนท่อที่เปิด ความลาด (Slope) ของท้องแม่น้ำจึงมีความสำคัญต่อการไหลถึงแม้ไม่มีความลาดถ้ามีความแตกต่างของระดับน้ำการไหลก็จะเกิดขึ้นก็ตาม ลำคลองควรจะมีความลาดที่คงที่เพื่อการไหลที่คงตัว (Steady Flow) และมีประสิทธิภาพความเสียดทานเป็นอุปสรรคสำคัญต่อการไหลอย่างยิ่ง เช่นลำคลองที่มีขยะและโคลนตมสามารถทำให้อัตราการไหลลดลงสูงถึง 3 เท่าตัวได้ ดังนั้นการขุดลอกกำจัดสิ่งดังกล่าวทิ้งจึงเป็นสิ่งสำคัญอันดับแรก อาศัยสมการของแมนนิง (Manning's Formula) สำหรับการไหลคงตัว แสดงให้เห็นว่าคลองหรือแม่น้ำยิ่งลึกหรือยิ่งกว้างเท่าไรก็ยิ่งดีเท่านั้น มิใช่เฉพาะกว้างอย่างเดียว เพียงแต่ว่าถ้าลึกมากจะต้องมีการป้องกันดินถล่ม ความลาดต้องให้คงที่เพื่อการไหลคงตัวในพื้นที่หน้าตัดของการไหลเดียวกัน การไหลที่มีประสิทธิภาพสูงสุดหรืออัตราการไหลมากที่สุดพบว่ากรณีคลองทีมีพื้นที่หน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าความกว้างต้องเป็น 2 เท่าของความลึก สำหรับคลองที่มีพื้นที่หน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู ที่มีความกว้างที่ก้นคลอง b ความลึกกลางคลอง y และตลิ่งมีความลาดชัน z ในพื้นที่หน้าตัดของการไหล A เดียวกัน การไหลที่มีประสิทธิภาพสูงสุด เมื่อ $y = [A/\{2*(1+z^2)^{0.5}-z\}]^{0.5}$ อย่างไรก็ตามแม่น้ำหรือคลองเดิมมีขนาดใดก็ตามถ้าทำให้ลึกหรือกว้างมากขึ้นเท่าไรก็จะทำให้อัตราการไหลเพิ่มมากกว่าปกติเสมอ ถ้ารักษาความลาดไว้ เพราะอัตราการเพิ่มของอัตราไหลจะมากกว่าอัตราการเพิ่มของพื้นที่หน้าตัดเสมอ ดังนั้นการแก้ปัญหาน้ำท่วมกรุงเทพ สิ่งเร่งด่วนที่ต้องทำก่อนซึ่งได้กล่าวมาแล้วข้างต้นคือ การกำจัดขยะและโคลนตมในท่อ คลอง และแม่น้ำ พร้อมทั้งขุดคลองให้ลึก/กว้างขึ้น หรือถ้าจำเป็นก็ต้องขุดคลองเพิ่ม โดยควรรักษาความลาดไว้ อย่างไรก็ตามการขุดลึกแม้ความลาดจะเปลี่ยนไปบ้างแต่พื้นที่หน้าตัดของการไหลเพิ่มขึ้น สมการของแมนนิงก็ยังคงพอบอกได้ว่าอัตราการไหลจะเพิ่มขึ้น ประโยชน์ของการขุดลึกยังมีอีกหลายประการคือ สามารถเป็นที่เก็บน้ำฝนบรรเทาการท่วมบ้านเรือนและถนน กรณีที่ต้องใช้เครื่องสูบน้ำ(ปั๊ม)จะไม่เกิดปัญหาน้ำแห้งจนไม่สามารถสูบได้ น้ำที่กักไว้สามารถใช้ประโยชน์ได้ถ้าต้องการ การสัญจรทางเรือก็ดีขึ้นถ้าต้องใช้ แม้แต่แม่น้ำเองซึ่งนอกจากจะต้องกำจัดขยะและโคลนตมแล้ว อาจจำเป็นต้องขุดให้ลึกเสียด้วยซ้ำ หลักการการสังเกตง่ายๆโดยการวัดระดับผิวน้ำต้นแม่น้ำเทียบกับผิวน้ำในทะเลตรงจุดที่น้ำจากแม่น้ำไหลลงในขณะที่มีฝนมากในวันที่ระดับน้ำทะเลค่อนข้างต่ำ ถ้าต่างกันมากแสดงว่าพื้นที่หน้าตัดของการไหลไม่พอ จะต้องขุดให้ลึกหรือกว้างขึ้น แม้แต่คลองที่ผ่านถนนและบ้านเรือนในที่คิดว่าต่ำแม้ว่าวิธีขยายในด้านกว้างจะดีในแง่การรักษาความลาด ซึ่งมักจะทำไม่ได้เพราะมีบ้านเรือนอยู่ ถ้าสำรวจให้ดีการขุดลึกก็มักจะทำได้เพียงแต่ต้องไม่ลึกกว่าคลองหรือแม่น้ำที่มันไหลลง ถ้าต้องการขุดลึกขึ้น คลองหรือแม่น้ำที่คลองนี้ไหลลงต้องขุดลึกตามไปด้วย การขุดลึกได้ประโยชน์หลายประการดังกล่าวข้างต้น แต่ถ้าสำรวจแล้วพบว่าบ้านเรือนและถนนอยู่ในที่ต่ำมากจริงๆ การถมถนนให้สูงขึ้นทำได้ไม่ยาก แต่หมู่บ้านทั้งหมดต้องถมให้สูงขึ้นตามมักจะทำได้ยาก วิธีที่ดีกว่าคงจะต้องออกแบบบ่อพัก (Sump) ริมคลองพร้อมประตูน้ำเปิดปิดพร้อมปั๊มน้ำทำงานโดยอัตโนมัติในขณะที่ระดับน้ำในคลองสูงกว่าระดับน้ำในบ่อ โดยท่อระบายน้ำทั้งหมดในหมู่บ้านต้องไหลลงบ่อนี้ ขณะเดียวกันขอบตลิ่งของคลองอาจต้องก่อสูงขึ้น และจะต้องไม่มีท่อระบายน้ำหรือช่องทางให้น้ำไหลลงคลองโดยตรง

เป็นที่เข้าใจกันดี การแก้ปัญหาเนื่องจากน้ำฝนท่วมโดยการไหลตามธรรมชาติลงสู่ทะเลนั้น ระดับน้ำทะเลต้องต่ำกว่าระดับน้ำในแม่น้ำ ในกรณีที่ระดับน้ำทะเลสูงกว่าระดับน้ำในแม่น้ำ จำเป็นจะต้องเตรียมประตูหรือวิธีปิดกั้นไม่ให้น้ำทะเลไหลเข้า และก็จำเป็นต้องใช้ปั๊มสูบออกสู่ทะเล การใช้ปั๊มสูบออกสู่ทะเลที่ปลายทาง เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพที่สุด กรณีนี้การขุดคลองและแม่น้ำยิ่งลึกจะยิ่งดีขึ้นไปอีก ดังกล่าวแล้วข้างต้น ยิ่งไปกว่านั้นความลาดของท้องแม่น้ำจะมีผลต่ออัตราการไหลไม่มากถ้าระดับน้ำปลายทางถูกสูบออกจนต่ำมากๆ

สำหรับเครื่องผลักดันน้ำซึ่งเป็นข้อถกเถียงกันอยู่ก็คือปั๊มน้ำนั่นเอง โดยการติดตั้งให้ตัวปั๊มพร้อมท่อดูดและส่งจมในน้ำ บางครั้งทำปลายท่อส่งให้เป็นหัว Jet หรือ Nozzle เพื่อให้น้ำพุ่งเร็ว ซึ่งมันจะพาน้ำที่อยู่ข้างหน้า (Induce) ไปด้วยรวมกับตัวเองด้วยเป็น 3 เท่าตัว จึงทำให้เข้าใจผิดว่าสูบน้ำได้เป็น 3 เท่าตัว ความจริงแล้วเท่าเดิมมันเพียงแต่ถ่ายพลังงานจลน์ให้กับน้ำจำนวนหนึ่งที่อยู่ข้างหน้ามัน พลังงานจลน์ของมันจะลดลง และจะต้องลดลงมากกว่าที่คิดเสียด้วยซ้ำเพราะมันจะต้องมีความเสียดทานด้วย ดังนั้นการใช้ทั่วไปจึงได้ประโยชน์น้อย เพราะมันจะสูบน้ำส่งไปไม่ได้ไกล เนื่องจากพลังงานจลน์ (ความเร็ว) จะถูกเปลี่ยนเป็นความร้อน (พลังงานภายในรูปอุณหภูมิ) มากกว่าปกติ สาเหตุจากความเสียดทานมวลน้ำจึงไปได้ไม่ไกล จำเป็นต้องใช้ปั๊มสูบต่อกันไปเป็นทอดๆ โดยระยะห่างของปั๊มแต่ละชุดต้องไม่ไกลเกิน การใช้ปั๊มจะได้ประโยชน์มากในกรณีที่การไหลติดขัด เช่นคลองที่มีส่วนที่แคบเป็นคอขวดที่ไม่สามารถขยายได้ ก็ใช้ปั๊มดูดจากด้านหนึ่งไปทิ้งอีกด้าน

คำหลัก: การแก้ปัญหาน้ำท่วม

Abstract

The article describes a solution for flood prevention. The article is not directly concerned with air conditioning system. The writer intends to make an elaborate abstract for a reader who does not have time to read the details.

In solving the flooding problem, one may use a fundamental of water flow. In a canal or a river, the water can naturally flow by gravity only when one level is higher than the other regardless of bottom slope. Since the river or canal is an open channel, a constant bottom slope is required for an efficient steady flow. Flow friction is an important problem because it reduces the flow rate. In a canal with a lot of rubbishes and mud, the flow rate could be 3 times less than when it is clean. Therefore, the first priority is to get rid of all rubbish and mud. Manning's Formula is one of the best tools for the explanation of steady flow system. In constant bottom slope, it is obvious that the deeper or wider the river, the better is the water flow rate; not only wider. The only disadvantage of deep canal is that land sliding protection will be required. In Manning's Formula, for a same flow area, the best flow rate conditions are as followed: For a rectangular cross section flow area, the best flow is when a width is twice a depth. In the trapezoidal cross section with a flow area A, bottom width b, depth y and side slope z, the best flow is when $y = [A/\{2*(1+z^2)^{0.5}- z\}]^{0.5}$. However, in any existing rivers, making them wider or deeper is always better. This is so because the percentage increase in flow rate is always much more than

the percentage increase in the flow area. Thus, the flooding solutions in Bangkok are urgently getting rid of all rubbishes and mud and deepening/widening the canals, or excavating more canals if necessary. Even though there will be some inevitable change in bottom slope, Manning's Formula still can be approximately used to confirmed the advantage of deepening a canal. There are many other benefits of deepening the canal: it acts like a sump for rain water in reducing flooding, and the water can be used in dry season if needed. During the flood, the deeper water will help with the issues of canals drying out causing the mechanical pumps to lose prime and failing. It is also better for boat transportation. All rivers would not only need to be cleaned out of mud and rubbishes; but also deepening might be needed. As a rule, in a heavy rainy day while the actual sea level is low, if the river water level at the farthest upstream point is much higher than the sea level at the point where the river meets the sea, then the flow area is insufficient. Deepening of the river is recommended.

Even in a canal passing through low land area, deepening it would still hold many benefits mentioned above. The downstream river or canal where the canal discharges should be deepened deeper than the canal. If it is not practical, a simple solution is to raise the streets and all houses but it is difficult in practice. The practical solution is to build a suitable size sump near the canal with an automatic shut/open water gate and a pump. When the water level in the canal is higher than that of the sump, the gate will automatically shut off, and the pump will run. All the drainage pipes must be discharged into the sump. All passage to the canal must be sealed off. The canal bank may need to be raised as well.

It is obvious; the key solution to the flooding problems from rain water is mitigating gravitational flow. When the sea level is higher than the river level, automatic shut off water gate must be provided to prevent an inflow of sea water. Mechanical means must be used to pump out the water into the sea. Also in this case, the deeper water passage is better for flood prevention.

A water propeller is a submersible pump with both inlet and discharge pipes under water. Some are designed with a jet or nozzle outlets. It is claimed that it could increase the flow 3 times as much as normal flow rate. The claim is not correct; the water propeller only induces the upstream, where as the suction or downstream flow remains the same. Usually the discharge distance is not far due to water friction. Therefore, series of pumps are required at a regular interval and the pumps must be located within limited distance of each other. The water propeller is practical in open channel flow when there is a restricted flow area. For example, in a canal with a bottle neck area, the pump can draw some water from upstream side of the neck and discharge into the other.

Keywords: Flooding Solution

1. บทนำ

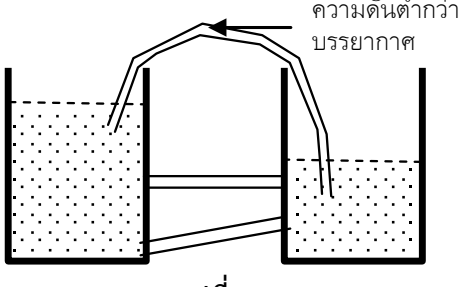
น้ำสามารถไหลได้ 2 วิธี ไหลเองตามธรรมชาติโดยอาศัยแรงโน้มถ่วง และไหลโดยใช้เครื่องสูบ (ปั๊ม)

การไหลตามธรรมชาติโดยอาศัยแรงโน้มถ่วง คือ การไหลจากน้ำที่มีระดับสูงหรือมีพลังงานศักย์สูงไปยังที่มีระดับต่ำกว่าหรือมีพลังงานศักย์ต่ำกว่าเสมอ และจะต้องมีช่องทางให้มันไหล ซึ่งต้องเป็นไปตามกฎข้อที่1 ของอุณหพลศาสตร์ (1st Law of Thermodynamics) ซึ่งคนส่วนใหญ่มักจะเรียกว่าสมการเบอร์นูลิ (Bernoulli equation)

$$Pivi/g—P_e v_e/g + \left(\frac{V_i^2}{2g}-\frac{V_e^2}{2g}\right) + (z_i — z_e)$$

$$= [(u_e—u_i)— q]/g = Z_F$$

โดยพลังงานทุกตัวอยู่ในหน่วย m (เมตร) เทียบเท่าความสูงของน้ำด้านซ้ายสุดของสมการ บอกให้ทราบว่า ผลรวมการเปลี่ยนแปลงพลังงานในรูปความดันสถิต (Static Pressure) พลังจลน์ (Kinetic/velocity Energy) และพลังงานศักย์ (Potential Energy) จะลดลงได้เท่ากับพลังงานภายในและความร้อนที่ถ่ายออกหรือรวมเรียกว่าความเสียดทาน ถ้าไม่มีความเสียดทาน พลังงานรวมจะเพิ่มหรือลดไม่ได้ นั่นก็หมายถึงถ้าตัวใดลดตัวอื่นต้องเพิ่ม ในทางปฏิบัติความเสียดทานนั้นเป็นสิ่งสำคัญมากมักเผลอละเว้นไป ความเสียดทานนี่แหละที่ทำให้อัตราการไหลลดลงอย่างมาก

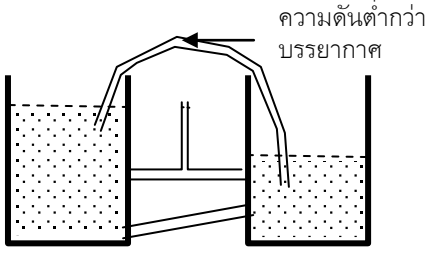


รูปที่ 1

ในรูปที่ 1 ต้องการให้น้ำไหลจากถังเก็บน้ำซ้ายมือไปยังถังเก็บน้ำด้านขวา ถ้าต้องการให้น้ำไหลเองโดยธรรมชาติ ระดับน้ำหรือพลังงานศักย์ในถังซ้ายมือต้องสูงกว่าระดับน้ำหรือพลังงานศักย์ในถังที่อยู่ขวามือ การใช้ท่อแบบปิด(ไม่มีจุดใดของท่อเปิดสู่บรรยากาศ) จะเห็ว่าการไหลเกิดจากความแตกต่างของระดับน้ำเท่านั้น ไม่ได้เกิดจากท่อที่เทลาดลง แม้แต่ท่อที่เป็นลักษณะกาลักน้ำ น้ำก็สามารถไหลขึ้นได้ เพราะในท่อปิดความดันสถิตภายในท่อเปลี่ยนแปลงได้ เริ่มต้นท่อที่ใช้เป็นกาลักน้ำนั้น ภายในท่อต้องทำให้ไม่มีอากาศอยู่เลย (เช่นใช้ปากดูดอากาศออก) โดยธรรมชาติความดันสถิตภายในท่อตรงจุดสูงสุดของท่อจะต่ำกว่าบรรยากาศ จึงทำให้น้ำไหลย้อนขึ้นข้างบนได้ ความดันสถิตภายในท่อเปลี่ยนแปลงได้ตามความสูงต่ำของท่อเป็นไปตามกฎข้อที่ 1 ถ้าพลังงานจลน์คงที่ พลังงานศักย์เพิ่มได้ก็ต้องมาจากการลดพลังงานความดันสถิต ($P_i v_i/g—P_e v_e/g$) จึงทำให้ความดันภายในท่อตรงจุดสูงสุดต่ำกว่าความดันปลายท่อด้านซ้าย น้ำจึงไหลขึ้นไปได้ การไหลจะต้องมีความเสียดทานจะทำให้พลังงานศักย์เสียไปบ้าง น้ำจะไหลได้น้อยลง ความเสียดทานของท่อ ขึ้นกับความขรุขระ ความยาวของท่อ การโค้งงอบิดเบี้ยวของท่อ และสิ่งอื่นๆที่จะทำให้การไหลยากขึ้น สิ่งสำคัญที่มักจะถูกมองข้ามคือความเสียดทานตรงปลายท่อทั้งสองที่น้ำไหลเข้าและไหลออก ตามรูปที่ 1 นั้นการไหลเข้าประมาณ 0.5 เท่าของพลังงานจลน์ในท่อ ส่วนการไหลออก ประมาณเท่ากับพลังจลน์ในท่อ

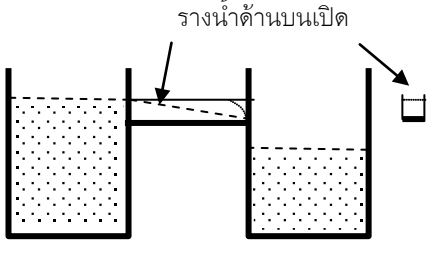
ในรูปที่ 1 นั้นเป็นท่อที่ปิด ที่ท่อต้องไม่มีจุดใดๆ เปิดสู่บรรยากาศ ถ้ามีก็คือท่อแบบเปิดจะไม่สามารถส่งน้ำไปยังถังขวามือ หรือส่งได้น้อย ไหลท่วมเลอะเทอะระหว่างทาง เช่นแบบกาลักน้ำ ถ้าเจอะรูด้านบนของ

ท่อความดันสถิตจะเท่ากับบรรยากาศทันที ดันให้น้ำตกลงมาหมด การไหลสิ้นสุด ในกรณีท่ออื่นอีกสองท่อ การเจาะรูน้ำก็จะพุ่งออกมาทำให้เลอะเทอะ น้ำจะไปยังตำแหน่งที่ต้องการได้น้อยลงหรือไม่ได้เลย ถ้าต้องการเจาะรูจะต้องต่อเป็นท่อสูงขึ้นไปโดยปลายท่ออย่างน้อยต้องสูงกว่าระดับน้ำในถังซ้ายมือ ดังรูปที่ 1ก ท่อที่ต่อนี้ต้องไม่มีรอยรั่ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งตรงจุดต่อ ซึ่งเทียบได้กับท่อระบายน้ำที่ใช้ทั่วไป จำเป็นต้องเปิดท่อเป็นบ่อพักเพื่อลอกหรือทำความสะอาดท่อ

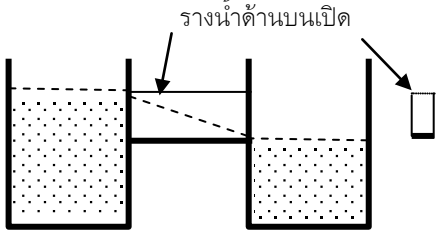


รูปที่ 1ก

ส่วนในรูปที่ 2 นั้นเป็นท่อหรือรางเปิดสู่บรรยากาศ ความดันสถิตในรางที่ผิวน้ำคงที่เท่ากับบรรยากาศตลอด จึงไม่สามารถต่อท่อเช่นรูปที่ 1 คือรางจะยกให้สูงแบบกาลักน้ำไม่ได้ ยกได้สูงสุดก็ดังที่แสดง พลังงานศักย์ที่ผิวน้ำในถังซ้ายมือสูงกว่าท้องรางทำให้น้ำไหลลงรางได้ แม้ท้องรางไม่มีความลาด แต่ไหลไม่ดีเท่าที่ควร จึงไหลไม่เต็มราง

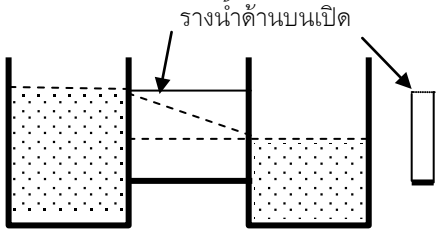


รูปที่ 2



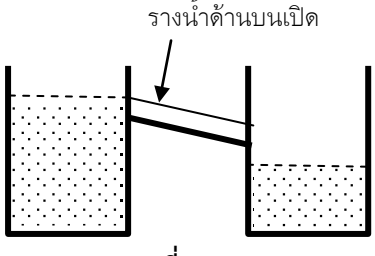
รูปที่ 2ก รางขยายลึก

ในรูปที่ 2ก นั้นแสดงให้เห็นว่า การทำรางให้ลึกลงเท่าไรก็จะทำให้น้ำไหลมากขึ้นเท่านั้น เพียงแต่ว่าลึกสุดไม่ควรให้ท้องรางต่ำกว่าระดับน้ำในถังขวามือ



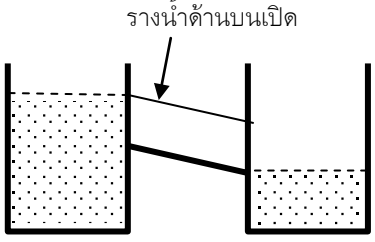
รูปที่ 2ข

ในรูปที่ 2ข การทำรางให้ลึกเป็นสองเท่า จนทำให้ครึ่งหนึ่งของรางมีระดับน้ำต่ำกว่าระดับน้ำของถังขวา อัตราการไหลไม่เพิ่มหรือถ้าเพิ่มก็น้อยเมื่อเทียบกับรูป 2ก เพราะน้ำในถังด้านขวามีผลต่อการไหล เปรียบเหมือนการขุดคลองให้ลึกเป็นสองเท่า แต่ได้อัตราการไหลไม่เพิ่มหรืออาจจะเพิ่มนิดหน่อย ดูเหมือนไม่คุ้มค่า แต่ความจริงแล้วถ้าเมื่อไรก็ตาม ระดับน้ำในถังขวามือลดลงด้วยเหตุใดก็ตาม เช่นใช้ปั๊มสูบออก อัตราการไหลก็จะเพิ่มอย่างรวดเร็ว ถ้าไม่ได้ขุดลึกขณะที่ความกว้างไม่พอน้ำก็จะท่วมถังซ้ายมือ ทั้งๆที่มีการสูบน้ำออกจากถังขวามือ



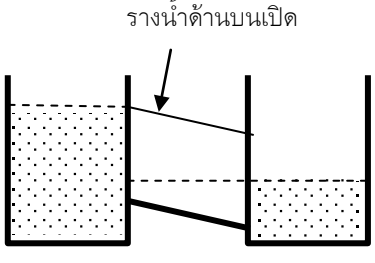
รูปที่ 2ค

ในรูปที่ 2ค การทำรางให้ลาดเท(Slope) จะทำให้อัตราการไหลเพิ่มจากรูปที่ 2 มาก (รูปที่ 2 ไม่มีความลาด) เพราะน้ำจะไหลเต็มรางได้



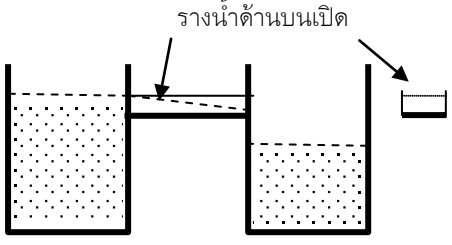
รูปที่ 2ง

ในรูปที่ 2ง แสดงให้เห็นว่า การทำรางให้ลึกลงเท่าไรก็จะทำให้อัตราไหลมากขึ้นเท่านั้น เพียงแต่ว่าลึกสุดไม่ควรให้ปลายท้องรางต่ำกว่าระดับน้ำในถังขวามือ แต่ถ้าทำให้รางลึกจนปลายท้องรางต่ำกว่าระดับน้ำในถังขวามือดังรูปที่ 2จ อัตราการไหลไม่เพิ่มหรือถ้าเพิ่มก็น้อยเพราะระดับน้ำในถังด้านขวามีผลต่อการไหล คล้ายตัวอย่างข้างต้นคือเปรียบเหมือนการขุดคลองให้ลึกเป็นสองเท่า แต่ได้อัตราการไหลไม่เพิ่มหรืออาจจะเพิ่มนิดหน่อย ดูเหมือนไม่คุ้มค่า ความจริงแล้วเมื่อไรก็ตาม ระดับน้ำในถังขวามือลดลงด้วยเหตุใดก็ตาม เช่นใช้ปั๊มสูบออก อัตราการไหลก็จะเพิ่มอย่างรวดเร็ว ถ้าไม่ได้ขุดลึกขณะที่ความกว้างไม่พอ น้ำก็จะท่วมถังซ้ายมือ ทั้งๆที่มีการสูบน้ำออกจากถังขวามือ



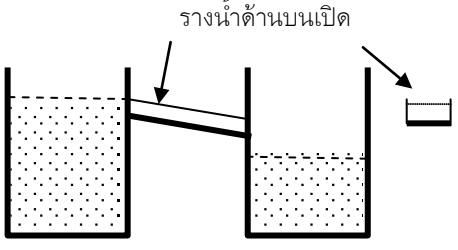
รูปที่ 2จ

รูปที่ 3 เป็นการขยายรางให้กว้างขณะที่รางไม่มีความลาด เปรียบเทียบกับรูปที่ 2ก ที่ขยายด้านลึก ซึ่งไม่มีความลาดเช่นกัน การขยายด้านกว้าง ความแตกต่างของระดับท้องรางกับระดับน้ำในถังซ้ายมือจะน้อยกว่าแบบขยายลึก ความเร็วจะน้อยกว่า ถ้าพื้นที่หน้าตัดการไหลเท่ากัน การขยายลึกจะดีกว่า



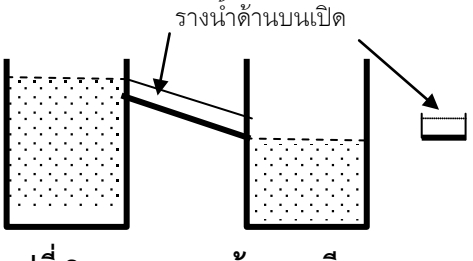
รูปที่ 3 รางขยายกว้าง

รูปที่ 3ก รางขยายแนวกว้างมีความลาด ความลาดจะสามารถทำให้อัตราการไหลเพิ่ม เพราะความเร็วเพิ่มและน้ำไหลเต็มราง การขยายแนวกว้างทำให้มีโอกาสทำให้รางมีความชันได้มากกว่าการขยายแนวลึก

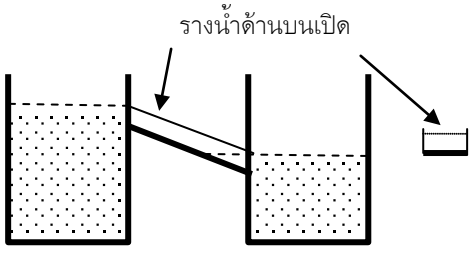


รูปที่ 3ก รางขยายกว้างและมีความลาด

การทำให้ชันมากเท่าไร ก็จะทำให้อัตราไหลเพิ่มขึ้นเท่านั้น ดังแสดงในรูปที่ 3ข เพียงแต่ปลายท้องรางไม่ควรต่ำกว่าระดับน้ำในถังขวามือ



รูปที่ 3ข รางขยายกว้างและมีความลาด



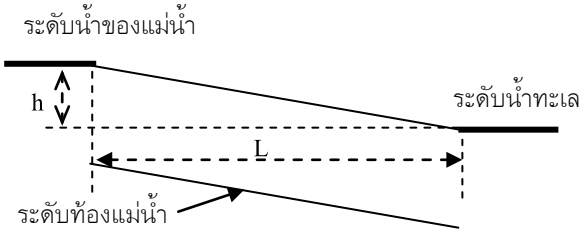
รูปที่ 3ค รางขยายกว้างและมีความลาดที่ชันมากๆ

รูปที่ 3ค แสดงให้เห็นว่า เมื่อทำให้รางชันมากจนปลายรางต่ำกว่าระดับน้ำในถังขวามือ อัตราการไหลเข้าถังขวามืออาจจะไม่ได้เพิ่มหรือเพิ่มน้อย เช่นเดียวกับเหตุผลข้างต้น

ถ้าระดับน้ำในถังขวามือลดลง จะทำให้อัตราการไหลเพิ่มได้มาก

สรุปได้ว่า การขุดคลองระบายน้ำ ขุดให้กว้างดีกว่าลึก เพราะสามารถทำความลาดให้ชันได้ดีกว่า ถ้าชันมากน้ำก็จะไหลได้ดีมาก แต่การขุดแนวกว้างจะต้องใช้พื้นที่มาก ในกรุงเทพนั้น บ้านรือนหนาแน่น ทำได้ยาก การขุดให้ลึกจึงมีความสำคัญ ทำให้ลึกโดยท้องคลองด้านปลายที่ระบายลงคลองใหญ่พอดีกับระดับน้ำในคลองใหญ่ ระดับน้ำในคลองใหญ่ต้องใช้สถิติที่เคยต่ำที่สุดในฤดูฝน คลองต้องมีปริมาตรสามารถรองรับน้ำฝนได้ทั้งหมดในย่านนั้นๆ ถนนและบริเวณบ้านจะต้องมีระดับสูงกว่าสันคลอง ท่อหรือรางระบายน้ำฝนลงคลองต้องมีความลาด และมีขนาดใหญ่พอเพียงxxxxxxx

2. อัตราการไหลของน้ำในแม่น้ำและลำคลอง



รูปที่ 3

การไหลของน้ำทั่วไปในท่อที่เปิดหรือในแม่น้ำและลำคลองก็คล้ายกับการไหลในท่อที่ปิด มีสิ่งสำคัญที่ต่างกันคือ ความดันสถิต (Static Pressure) ในท่อเปิดนั้นไม่ค่อยเปลี่ยนเพราะผิวน้ำเปิดสู่บรรยากาศ ความดันจึงสูงกว่าบรรยากาศไม่มาก สูตรหรือสมการที่นิยมใช้คือสมการของแมนนิ่ง (Manning Formula) ดังนี้

$V = (1/n)*R^{2/3}*S^{1/2}$ .....(1)

$Q = AV = A(1/n)*R^{2/3}*S^{1/2}$ .....(2)

V = ความเร็วเฉลี่ยของการไหล เป็น เมตร/วินาที

n = สัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่ง (Manning roughness coefficient)

R = รัศมีชลศาสตร์ (Hydraulic radius)
= A/P เป็น เมตร

h = ความแตกต่างของระดับน้ำ

L = ระยะความยาวตามแนวราบ

Q = อัตราการไหล เป็น ลูกบาศก์เมตร/วินาที

A = พื้นที่หน้าตัดของการไหล เป็น ตารางเมตร

P = เส้นขอบเปียก (Wetted Perimeter)

S = ความลาดชันของผิวน้ำ (Hydraulic gradient) = h/L

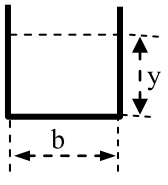
ความลาดของผิวน้ำ S นั้น เกิดได้ก็ต้องท้องน้ำลาด นั่นหมายถึงท้องคลองต้องขุดให้ลาดลงไปสู่แม่น้ำ ท้องแม่น้ำก็ต้องขุดให้ลาดลงไปหาทะเล ซึ่งปกติแล้วมักจะทำได้เสมอเพราะท้องทะเลมักลึกกว่าท้องแม่น้ำ และท้องแม่น้ำมักจะลึกกว่าท้องคลอง

จากสมการของแมนนิ่งนั้นสามารถเขียนอัตราการไหล Q ใหม่ได้ดังนี้

$$Q = (1/n)\,(A^{5/3}/P^{2/3})*S^{1/2} \quad \ldots\ldots (3)$$

สมการ(3)หมายถึงว่า การทำให้พื้นที่หน้าตัดของการไหล A เพิ่ม มีผลทำให้ Q เพิ่มเป็นกำลัง 5/3 ของ A แม้การเพิ่มของ A ก็จะทำให้ P เพิ่มซึ่งจะทำให้ Q ลดลง แต่ก็ลดลงพียงกำลัง 2/3 ของ P จึงทำให้ผลรวมการเพิ่มของอัตราการไหลมากกว่าการเพิ่มของพื้นที่หน้าตัด สรุปก็คือการขุดแม่น้ำหรือคลองให้ใหญ่ขึ้นจะด้านกว้างหรือด้านลึกก็จะมีผลทำให้น้ำไหลได้มากขึ้นกว่าปกติ จากสมการ(3)เช่นกันแสดงว่าแม่น้ำหรือคลองที่มีพื้นที่หน้าตัด ความขรุขระ และความลาดชั้นของผิวน้ำเท่ากันจะมีอัตราการไหลมากที่สุด ก็ต้องมีค่าเส้นขอบเปียกน้อยที่สุด

สำหรับคลองรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าตามรูปที่ 4 ที่มีความกว้างที่ก้น b และความลึก y ค่า



รูปที่ 4

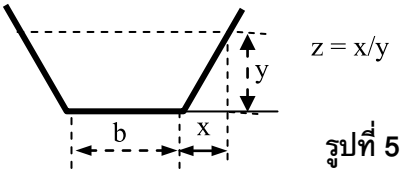
ความสัมพันธ์ของ A, P, b และ y ดังนี้

$$A = b*y \quad \ldots\ldots (4)$$

$$P = b + 2y \quad \ldots\ldots (5)$$

จากสมการ (4) และ(5) อาศัยทางคณิตศาสตร์สามารถพิสูจน์ได้ว่า ที่พื้นที่หน้าตัดของการไหลเดียวกัน P ที่น้อยที่สุดหรือค่า อัตราการไหล Q มากที่สุด ก็คือเมื่อ b = 2y หรือเมื่อความกว้างเป็น 2 เท่าของความลึก

สำหรับแม่น้ำหรือคลองที่มีพื้นที่หน้าตัดของการไหลรูปสี่เหลี่ยมคางหมูรูปที่ 5 ซึ่งใช้กันโดยทั่วไปเพื่อป้องกันดินถล่ม



รูปที่ 5

ความกว้างของก้นคลอง b ความลึกของน้ำในคลอง y และความลาดของตลิ่ง (Side slope) z มีค่าดังนี้

$$z = x / y \quad \ldots\ldots (6)$$

พื้นที่หน้าตัดของการไหล A

$$A = b.y + z.y2 \quad \ldots\ldots (7)$$

เส้นขอบเปียก P

$$P = b+2y\,(1+z^2)^{0.5} \quad \ldots\ldots (8)$$

จากสมการ (7) และ (8) อาศัยทางคณิตศาสตร์สามารถพิสูจน์ได้ว่า พื้นที่หน้าตัดของการไหลเดียวกัน ค่า P ที่น้อยที่สุดหรือค่า อัตราการไหล Q มากที่สุด ที่ก็คือเมื่อความลึก y มีค่าดังนี้

$$y = [A/\{2*(1+z^2)^{0.5} - z\}]^{0.5}$$

ในทางปฏิบัติการที่จะขุดคลองหรือแม่น้ำให้มีพื้นที่หน้าตัดที่ต้องการอันหนึ่ง จะเป็นที่รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าหรือคางหมูก็ตาม ให้มีอัตราการไหลมากที่สุดตามหลักการดังกล่าว อาจจะไม่เหมาะสม สามารถใช้ขนาดที่เหมาะสมได้ แม้ว่าอัตราการไหลอาจจะน้อยลงแต่มักจะไม่มากมายนัก หรืออีกนัยหนึ่ง เช่นคลองที่มีอยู่ได้ออกแบบไว้มีสัดส่วนที่มีอัตราการไหลสูงสุด แต่ต้องการให้ไหลได้มากขึ้น ก็ทำได้โดยการขุดให้ลึกหรือกว้างก็ได้ หรือทำให้พื้นที่หน้าตัดของการไหลเพิ่มก็จะทำให้อัตราการไหลเพิ่มมากอยู่แล้วตามที่กล่าวมาแล้ว

3. การใช้สมการของแมนนิ่งวิเคราะห์การไหล

สมการของแมนนิ่ง $Q = AV = A(1/n)*R^{2/3}*S^{1/2}$ นั้น จะเห็นว่าการที่น้ำไหลไม่ทันท่วมบ้านท่วมเมือง สามารถวิเคราะห์ได้ง่ายๆดังนี้

พื้นที่หน้าตัดของการไหล A น้อย ทางด้านกว้างเกิดจากคนเห็นแก่ตัวสร้างแพลุกล้ำเข้ามาในแม่น้ำและลำคลอง ส่วนด้านลึก ขาดการดูแลขุดลอก ควรจะขุดให้ลึกขึ้นกว่าเดิมเสียด้วยซ้ำ

ตามที่กล่าวมาแล้วจะเพิ่มด้านลึกหรือด้านกว้างก็ดีหมด ผู้เขียนเชื่อว่า ถ้ามีการขุดลอกแม่น้ำหรือคลองพื้นที่หน้าตัดการไหลมีโอกาศเพิ่มเป็น 2 เท่า

สัมประสิทธิ์ความขรุขระ n เพิ่มขึ้นมากเนื่องจากไม่มีการขุดลอก โดยทั่วไปสำหรับแม่น้ำหรือคลองดินทั่วไป ค่าน่าจะไม่เกิน 0.04 แต่ถ้าเป็นคลองดาดที่ทำด้วยคอนกรีตค่าควรจะไม่เกิน 0.018 ซึ่งแม่น้ำเป็นดินอยู่แล้ว ส่วนคลองส่วนใหญ่ก็เป็นดิน ไม่ได้ขุดลอกนานดิน กิ่งไม้ วัสดุต่างๆมากมายสัมประสิทธิ์ความขรุขระน่าจะเพิ่มถึง 3 เท่าตัว

ผลรวมการขุดลอกคลองดีๆเชื่อว่า การเพิ่มพื้นที่หน้าตัดของการไหล รวมกับการลดของสัมประสิทธิ์ความขรุขระ น่าจะทำให้แม่น้ำและลำคลองที่มีในอยู่ปัจจุบันอัตราการไหลของน้ำเพิ่มเป็น 6 เท่าตัว

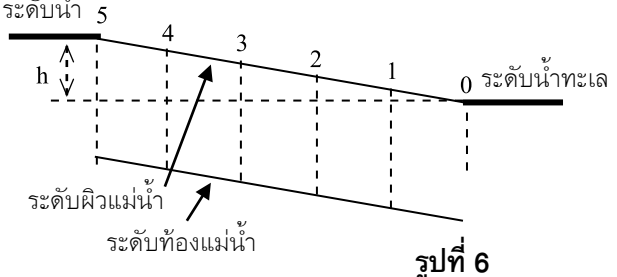
สำหรับความลาดชันของผิวหรือระดับน้ำ S นั้นมีผลต่ออัตราการไหลมากพอควร แม้จะไม่เท่าการเปลี่ยนพื้นที่หน้าตัดของการไหล เพราะ อัตราการไหลเปลี่ยนเป็นกำลัง 0.5 ของความลาดชันของผิวน้ำ ตัวอย่างเช่นเดิมคลองที่มีความลาด 1:10,000 ขุดให้มีความลาด 2:10,000 ถ้าคลองลึกเช่นเดิม อัตราการไหลก็จะเพิ่มเป็น $2^{0.5}$ = 1.4 เท่าของเดิม หรือเพิ่มขึ้นอีก 40% แต่ถ้าคลองความลาดเหมือนเดิม ความลึกเดิม1 m ขุดให้ลึกเป็น 2 m พื้นที่หน้าตัดเพิ่มเป็น 2 เท่า อัตราการไหลจะเพิ่มเป็น 2 เท่าของเดิม

4. หลักการแก้ปัญหาน้ำท่วม

การแก้ปัญหาได้จำเป็นต้องมีข้อมูลต่อไปนี้

4.1 สำรวจและวัดระดับของต้นน้ำ เส้นทางน้ำไหลทุกแห่ง และปลายทางที่น้ำไหลลงเดิมที่มีอยู่

ต้นทางของน้ำ แม่น้ำ ลำคลอง และทางน้ำไหลทุกแห่งต้องวัดว่าตลิ่งหรือคันคลองว่าอยู่สูงหรือต่ำกว่าระดับน้ำทะเลที่จะให้ไหลลงเท่าไร เครื่องวัดจะต้องวัดได้แม่นยำ ต้องทราบหรือกำหนดแนวทางและลำดับการไหลของน้ำ ตัวอย่างต้องการให้น้ำไหลจากต้นกำเนิดน้ำหมายเลข 5 สุดท้ายลงทะเลหมายเลข 0 กำหนดให้ไหลผ่านสถานที่ต่างๆตามลำดับเลขการไหล 4, 3, 2, 1.....ลงทะเลที่ 0 ให้ต้นน้ำ (จุด 5) ระดับน้ำสูงกว่าทะเล 1 เมตร(100 ซม) เพื่อให้เข้าใจง่ายจะสมมุติว่าระยะทางแต่ละสถานที่ห่างเท่ากัน การจะทำให้ไหลตามธรรมชาติได้ต้องมีความลาดของผิวน้ำ นั่นก็คือความลาดของท้องแม่น้ำหรือท้องคลองเพื่อให้พื้นที่หน้าตัดของการไหลคงที่ แสดงในรูปที่ 6 จากรูปนี้ระดับผิวน้ำสถานี 4, 3, 2 และ 1 จะเท่ากับ +0.80, +0.60, +0.40 และ +0.20 เมตร ตามลำดับ ความลึกของแม่น้ำจะต้องหมายถึงการวัดจากผิวน้ำในสถานีนั้นๆเสมอ เช่นต้องการแม่น้ำลึก 4 เมตร สถานี 3 ซึ่งความลาดของผิวน้ำอยู่ที่ระดับ +0.60 เมตร ท้องแม่น้ำต้องอยู่ที่ระดับ = 0.60 - 4.00 = - 3.40 เมตร แม้ว่าระดับตลิ่งขอองสถานี 3 อาจจะสูงอยู่ + 1.00 เมตร แต่ท้องแม่น้ำต้องอยู่ที่ระดับ - 3.40 เมตรเสมอ หรือความลึกของแม่น้ำถ้าวัดจากตลิ่งคือ 4.40 เมตร



รูปที่ 6

กรณีที่สถานี 3 ตลิ่งอยู่ในที่ต่ำคืออยู่ที่ระดับ = +0.20 เมตร แทนที่จะเป็น +0.60 เมตร สถานี 3, 2 และ 1 จะต้องขุดท้องแม่น้ำให้ลึกลงเพิ่มจากระดับเดิมอีก 0.60-0.20=0.40 เมตร เพื่อรักษาความลาดเดิม จึงจะทำให้อัตราการไหลคงที่ หรืออาจจะใช้วิธี สร้างขอบหรือตลิ่งให้สูงขึ้น 0.40 เมตร ซึ่งจะไม่มีผลอะไรกับสถานีอื่น แต่ว่าน้ำจะท่วมสถานีนี้ ต้องป้องกันน้ำท่วมด้วยการออกแบบบ่อพัก(Sump)ขนาดพอเพียงริมแม่น้ำพร้อมประตูน้ำเปิดปิดพร้อมปั๊มน้ำทำงานโดยอัตโนมัติในขณะที่ระดับน้ำในแม่น้ำสูงกว่าระดับน้ำในบ่อ โดยท่อระบายน้ำทั้งหมดในถนนและในหมู่บ้านต้องไหลลงบ่อนี้ และจะต้องไม่มีท่อระบายน้ำหรือช่องทางให้น้ำไหลลงแม่น้ำโดยตรงเลย

การจะแก้ปัญหาน้ำท่วมได้โดยการไหลแบบธรรมชาติ จะต้องไม่มีสถานีใดระดับขอบตลิ่งต่ำกว่าระดับน้ำในทะเลเสมอ ถ้าต่ำกว่าจะต้องใช้วิธีสร้างขอบตลิ่งให้สูงขึ้นและออกแบบระบบบ่อพัก-ประตูน้ำพร้อมปั๊มน้ำดังข้างต้นเสมอ

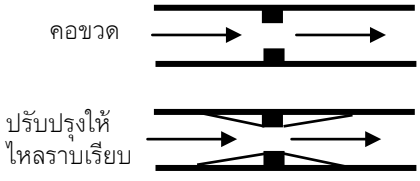
4.2 ต้องทราบปริมาณน้ำที่ต้องระบายออก

ต้องทราบปริมาณน้ำที่ต้องระบายออก ตามเส้นทางต่างๆ (แม่น้ำและลำคลอง) โดยจะต้องมองทั้งระบบ เช่นถ้าต้นทางอยู่ที่นครสวรรค์ต้องมองตลอดเส้นทางจนลงสู่ทะเล ไม่ใช่มองเฉพาะที่ใดที่หนึ่ง เพราะระหว่างทางไหลอาจจะมีต้นกำเนิดน้ำอีกหลายแห่งทำให้อัตราการไหลเพิ่มขึ้น

4.3 การคำนวณขนาดแม่น้ำ ลำคลอง และทางน้ำไหล

การคำนวณขนาดคลอง ก็อาศัยสมการของแมนนิ่งตามที่กล่าวมาแล้ว ถ้าขนาดไม่พอจะต้องขยายทางลึกหรือกว้างก็ได้ เพียงแต่ทางลึกจะต้องป้องกันดินชายฝั่งถล่ม จะลึกหรือกว้างก็ตามต้องให้ท้องแม่น้ำหรือคลองลาดไปตามความลาดชันของผิวน้ำ S เพื่อจะให้พื้นที่หน้าตัดของการไหลคงที่

กรณีทางน้ำไหลผ่านช่วงที่ตีบตันหรือเป็นคอขวด การขยายคอขวดให้กว้างเท่าคลองจะดีที่สุด ถ้าทำไม่ได้อย่างน้อยที่สุด ต้องทำให้การไหลผ่านคอขวดให้ราบเรียบที่สุด เพื่อลดความเสียดทานในการไหล ดังแสดงในรูปที่ 7

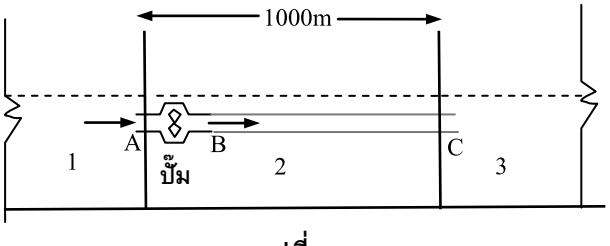


รูปที่ 7

การขยายโดยขุดคอขวดให้ลึก แต่ต้องให้มีความลาดแบบราบเรียบ อาจจะช่วยได้บ้าง ในกรณีที่ทำอะไรไม่ได้เลยคงจะหนีไม่พ้นการใช้ปั๊มช่วย

4.4 การใช้ปั๊ม(Pump)หรือเครื่องผลักดันน้ำ

ปั๊มหรือสูบหรือเครื่องสูบคือเครื่องที่เคลื่อนมวลน้ำจากที่หนึ่งไปยังอักที่หนึ่ง ตั้งแต่น้ำท่วมใหญ่ (2554) มีการเรียกว่าเครื่องผลักดันน้ำ การใช้**ปั๊ม**หรือเครื่องผลักดันน้ำนั้นต้องเข้าใจพื้นฐานของปั๊มคือมันจะดูดน้ำเข้า**ปั๊ม**ส่งออก โดย**ปั๊ม**จะทำให้ด้านดูดของมันมีความดันต่ำกว่าภายนอกน้ำจึงจะไหลเข้ามาได้ ทางทฤษฎีสมบูรณ์ 100% ถ้าน้ำไม่ระเหยความดันต่ำสุดคือ 0 kPag (-101 kPa) **ปั๊ม**จะอัดหรือบีบหรือเหวี่ยงแล้วแต่กรรมวิธีสิ่งสำคัญคือต้องทำให้น้ำด้านส่งของ**ปั๊ม**มีพลังงานจลน์และพลังงานความดันสถิตย์สูงขึ้น (พลังงานศักย์ก็สูงขึ้นแต่น้อยมักละเว้นได้) จะเห็นว่าพลังงาน 2 รูปนี่เองเป็นตัวที่จะทำให้มวลน้ำไปยังตำแหน่งที่ต้องการ

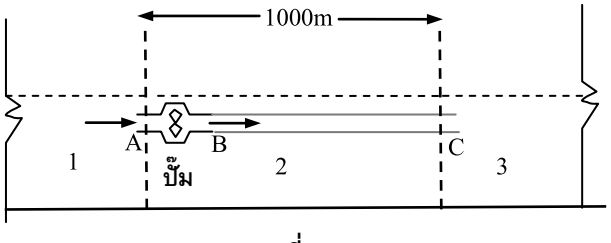


รูปที่ 8

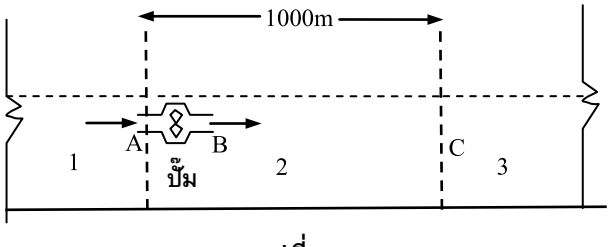
ในรูปที่ 8 ต้องการให้น้ำจากจุด A ในคลอง 1 ไปอยู่ที่จุด C ในคลอง 3 ระยะทาง 1000 m โดยมีคลอง 2 ต่อเชื่อมอยู่ โดยน้ำทั้ง สามคลองมีระดับเท่ากัน แต่มีกำแพงกันไม่ให้น้ำไหลกลับ ต้องการให้ได้ 0.606 m^3/s (9600 gpm = 52,358 m^3/วัน) ทางปฏิบัติทั่วไปจะเลือกท่อเป็นทางส่งน้ำ เหตุผลก็เพราะเป็นระบบปิดพลังงานจลน์และความดันสถิตสามารถเปลี่ยนกลับไปกลับมาได้ถ้าต้องการ ความเสียดทานก็ขึ้นกับผิวภายในท่อและขนาดของท่อ ซึ่งเลือกหรือควบคุมได้ตามที่ต้องการ การออกแบบทั่วไปเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน จะใช้ท่อกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 18" (450 mm) ในอัตราไหลดังกล่าว ความเร็วของน้ำในท่อจะเป็น 4.2 m/s ความสียดทาน 3.0 m/100m (สมมุติใช้ท่อเหล็ก) สมมุติเป็นท่อตรงๆ ไม่มีข้องอ ข้อต่อหรือวาล์วใดๆ ท่อยาว 1000m ความเสียดทานรวม = 30 m น้ำ ความเสียดทานการไหลเข้าจุด A = $KV^2/(2g)$ = $0.5(4.2)^2/(2*9.81$ =0.45 mน้ำ ความเสียดทานการไหลออกจุด C = $KV^2/(2g)$ = $1(4.2)^2/(2*9.81$ =0.9 mน้ำ รวมทั้งหมดเป็น **ปั๊ม**เฮด = 30+0.45+0.90 = 31.35 mน้ำ ถ้า**ปั๊ม**มีประสิทธิภาพ 85% กำลังขับต้องใช้ 294 แรงม้า

มีสิ่งที่เข้าใจคือมวลน้ำที่ออกจากท่อตรงบริเวณจุด C จะเปลี่ยนเป็นความเสียดทานหมด คือหยุดนิ่งไม่เคลื่อนที่

รูปที่ 8ก ไม่มีกำแพงกันน้ำ ปั๊มก็ยังคงทำงานได้เหมือนเดิมคือสูบน้ำจากคลอง 1 ในอัตราเดิมคือ 0.606 m^3/s ไปใส่ในคลอง 3 แต่เนื่องจากระดับน้ำเดิมในคลอง 2 เท่ากับคลอง 1 จำนวนน้ำที่สูบออกจากคลอง 1 มากทำให้ระดับน้ำลดได้เร็วเท่าใด ความแตกต่างของระดับน้ำระหว่างคลอง 1 คลอง 2 จะมากขึ้นเท่านั้น น้ำก็จะไหลจากคลอง 2 เข้าคลอง 1 จะไหลได้เร็วเท่าใดก็ขึ้นกับสิ่งกีดขวางการไหลและพื้นที่หน้าตัดของการไหล ถ้าสิงกีดขวางน้อยพื้นที่หน้าตัดของการไหลมาก ซึ่งโดยทั่วไปมักเป็นเช่นนั้น ระดับน้ำในคลอง 1 ลดไปพร้อมกับคลองสอง แต่ลดช้าลง พิจารณาที่คลอง 3 จะเห็นว่าน้ำเข้ามาในอัตรา 0.606 m3/s ระดับน้ำจะเพิ่มขึ้น ทำให้ความแตกต่างของระดับน้ำระหว่างคลอง 3 และคลอง 2 ต่างกันมากขึ้นเพราะระดับน้ำในคลอง 2 ลดลง น้ำจะไหลจากคลอง 3 สู่คลอง 2 น้ำจะไหลเร็วเท่าใดก็ขึ้นกับสิ่งกีดขวางการไหลและพื้นที่หน้าตัดของการไหลระหว่างคลอง 3 และคลอง 2 ถ้าสิ่งกีดขวางน้อยพื้นที่หน้าตัดของการไหลมาก ซึ่งโดยทั่วไปมักเป็นเช่นนั้น น้ำก็จะไหลกลับไปยังคลอง 2 นั่นก็คือการไหลเวียน เพราะน้ำนี้ก็คือน้ำที่ก่อนหน้านี้ไหลจากคลอง 2 ไปคลอง 1 นั่นเอง การทำเช่นนี้จะไม่ได้ประโยชน์เพราะน้ำมีการไหลกลับได้



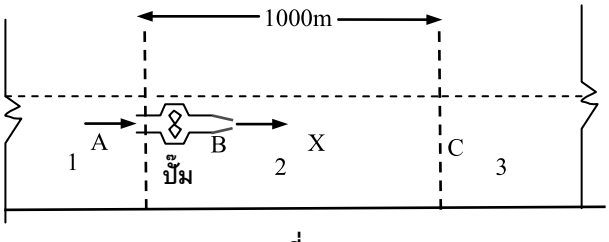
รูปที่ 8ก



รูปที่ 8ข

รูปที่ 8ข นั้นใช้ท่อสั้นๆ จะสามารถสูบน้ำจากคลอง 1 จุด A มาทิ้งที่คลอง 2 จุด B เพราะพลังงานจลน์จะหมดไป น้ำจึงอยู่บริเวณจุด B เท่านั้น ไม่สามารถไปถึงคลอง 3 ซึ่งห่างออกไป 1000 m แต่ว่าเฮด**ปั๊ม**ก็ใช้เพียง 0.45+0.90 = 1.35 mน้ำเท่านั้น กำลังขับก็ใช้เพียง 13 แรงม้า ถ้าเผื่อความเสียดทานอื่นๆอีกเท่าตัว ก็จะเพิ่มเป็น 26 แรงม้าเท่านั้น คือการสูบน้ำจากจุด A คลอง 1 มายังจุด B คลอง 2 ระดับน้ำในคลอง 1 ลดลงไม่ได้ เพราะน้ำในคลอง 2 ก็จะไหลมาแทนเนื่องจากไม่มีกำแพงกันน้ำ ซึ่งก็ไม่ได้ประโยชน์เลยเช่นกันเพราะน้ำมีการไหลกลับได้

มีการออกแบบเป็นหัว Jet หรือ Nozzle เพื่อทำให้น้ำพุ่งไกลออกไปจากจุด B มากๆ จำเป็นต้องใช้กำลังมาก ดังรูปที่ 8ค เช่นจากเอกสารของกรมอู่ทหารเรือ ใช้**ปั๊ม**อัตรา 9600 gpm(0.606m3/s) ต้องใช้กำลังดันสูงสุด 37 psig ((26 mน้ำ) ใช้เครื่องยนต์ขับ 320 แรงม้า โดยประมาณความเร็วน้ำที่พุ่งออกมา 22 m/s (80 กม/ชม) นั่นคือ Discharge head ของ**ปั๊ม**อย่างน้อยต้อง 26 m น้ำ(37 ปอนด์/ตารางนิ้ว) ถ้า**ปั๊ม**มีประสิทธิภาพ 85% ต้องใช้กำลังขับประมาณ 244 แรงม้า



รูปที่ 8ค

เชื่อว่าส่งน้ำออกไปได้ไม่เกิน 5 เมตร เพราะน้ำมีความเสียดทานมาก พุ่งยิ่งเร็ว ความสียดทานยิ่งมาก เป็นทวีคูณ สมมุติเผื่อๆไว้ได้ 10 m ก็จะหยุด แสดงว่าวิธีแบบนี้ ส่งมวลน้ำได้ไกลน้อยกว่าการใช้ท่อถึง 100 เท่าขณะที่ใช้กำลังไม่ต่างกันมากนัก แต่ว่าแบบใดก็ตามถ้าน้ำมีการไหลกลับก็จะไม่ได้ประโยชน์เลยเช่นกัน

เมื่อเข้าใจพื้นฐานจะเห็นได้ว่า การจะให้ได้ประโยชน์สูงสุดทุกกรณีต้องมีกำแพงกันน้ำ ถ้าไม่มีกำแพงต้องมีการไหลหรือพลังงานจลน์ที่ได้จากธรรมชาติเป็นตัวช่วยพาไปอีกทอดหนึ่ง นั่นก็หมายถึงระดับน้ำคลอง 2 ต้องต่ำกว่าคลอง 1 คลอง 3 ต้องต่ำกว่าคลอง 2 ซึ่งคลอง 4 หรือคลองต่อๆไป ก็ต้องมีระดับน้ำลดหลั่นลงไปเรื่อยๆ ถ้าน้ำในคลองไหลเร็วและจำนวนมากเท่าไร ก็จะช่วยพามวลที่ออกมาจากปั๊มซึ่งเปรียบเหมือนหยุดนิ่ง ไปได้เท่านั้น และต้องไม่ลืมกฎข้อที่1ฯ พลังงานเพิ่มเองไม่ได้ นั่นคือพลังจลน์ของน้ำธรรมชาติที่ไหลจะลดลงเท่ากับที่ให้กับมวลที่ส่งมาจากปั๊ม และที่เสริมให้ช้าลงอีกก็คือน้ำที่หยุดนิ่งหรือไหลช้าเมื่อถูกน้ำที่ไหลเร็วมาประทะก็จะมีความเสียดทาน

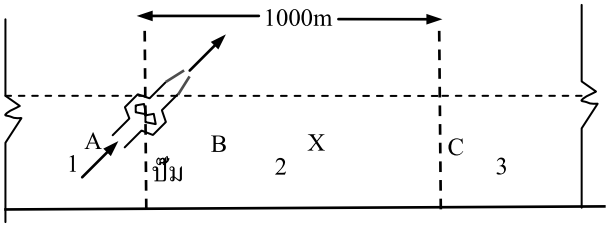
ในรูปที่ 8 ก เมื่อมีการไหลของน้ำตามธรรมชาติจะได้ประโยชน์ที่สามารถส่งน้ำได้ไกลถึง 1000 m ทำให้น้ำในคลอง 1 ลดลงได้ตามปริมาณที่ปั๊มสูบ ไม่รบกวนคลอง 2 แต่รบกวนคลอง 3 เพราะปริมาณน้ำเพิ่มขึ้น

รูปที่ 8 ค เมื่อมีการไหลของน้ำตามธรรมชาติจะได้ประโยชน์เช่นกัน และความเสียดทานจะลดลงได้บ้าง น้ำที่พุ่งออกจากหัว Jet จะไปได้ไกลขึ้นคงไม่เกินอีกเท่าตัวเมื่อเทียบกับขณะที่น้ำในคลองไม่ไหล นั่นก็หมายถึงระยะทางตามรูปจุด X ไม่ควรเกิน 20 m หรือระยะทางยังน้อยกว่ารูปที่ 8 ก ถึง 50 เท่า หรือไม่สามารถไปถึงคลอง 3 ได้

ขณะที่น้ำพุ่งออกมาด้วยความเร็วมันจะเหนี่ยวนำ (Induced) น้ำที่ไหลตามธรรมชาติให้ไปด้วย 2 เท่าตัว รวมกับตัวเองเป็น 3 เท่าตัว ความหมายที่แท้จริงคือน้ำที่พุ่งออกนั้นถ่ายเทพลังงานจลน์ให้กับน้ำที่ไหลข้างหน้ามันทำให้ตัวมันเองช้าลงน้ำที่อยู่ข้างหน้าเร็วขึ้น

เท่านั้น ส่วนน้ำที่ปั๊มสูบออกจากคลอง 1 นั้นออกมาในอัตราเท่าเดิมตามที่ปั๊มดูดได้

รูปที่ 8 ง เป็นการเสนอให้ทำการทดลอง เครื่องที่มีติดตั้งอยู่ในคลอง ถ้าหันหัว Jet โผล่พ้นน้ำ ฉีดเฉียงๆ โดยวัดอัตราการไหลของน้ำ และระยะทางที่มันจะไปได้ โดยเปลี่ยนมุมต่างๆ ถ้าพบว่าดีกว่าแบบปัจจุบันที่ใช้อยู่ ถ้ามีน้ำท่วมใหญ่อีก



รูปที่ 8ง

นอกจากจะได้ทางกรมอู่ทหารเรือช่วย ยังสามารถให้กองดับเพลิงช่วยได้อีกแรง แต่ไม่แน่ใจว่าคนที่อยู่คลอง 2 คิดอย่างไร เคยคิดว่าช่วยดันน้ำออกจากคลอง 2 ได้เร็วถึง 3 เท่าตัว กลับเห็นพ่นน้ำเข้าคลอง 2 บางคนอาจจะชอบที่มีน้ำพลุให้ชม

อย่างไรก็ตาม การใช้**ปั๊ม**สูบน้ำออก ถ้าไม่มีการปิดกันน้ำเข้ามักจะทำให้ระดับน้ำลดลงได้ในขีดจำกัด ประโยชน์มักไม่มากที่จะได้ประโยชน์จริงก็ตรงที่คลองช่วงใดก็ตามที่แคบไม่สามารถขยายได้ สังเกตได้จากความแตกต่างของระดับน้ำที่ต่างกันมากๆ การใช้**ปั๊ม**ดูดช่วยจะได้ประโยชน์มาก

5. บทสรุป

การแก้ไขน้ำท่วมนั้น สิ่งที่ทำง่ายๆไม่ควรจะคิดมากทำได้เลยคือ ท่อระบายน้ำ รางระบายน้ำ คลอง และแม่น้ำ ต้องลอกเอาขยะทั้งหมด โคลนตมต้องเอาออกให้หมดด้วย

การขุดให้ลึกและขยายให้ใหญ่จะช่วยได้มาก การขุดให้ลึกโดยรักษาความลาด จะเป็นประโยชน์หลายอย่างดังที่กล่าวมาแล้ว หลายแห่งจำเป็นต้องขุดคลองหรือทำท่อระบายเพิ่มก็ต้องทำ

6. เอกสารอ้างอิง

6.1 Daugherty, R.L. and Franzini, J.B. Fluid Mechanics with Engineering Application.

6.2 Chow, V. T., Open Channel Hydraulics.

6.3 ASHRAE Handbook , Fundamentals 2005.

6.4 โครงการเรือผลักดันน้ำ-กองทัพเรือ-กรมอู่ทหารเรือ(แผนดำเนินการเรือผลักดันน้ำปี2554)

6.5 การประเมินค่าปริมาณการไหลของน้ำด้วยวิธี-manning formula -สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ 2553

6.6 มาตรฐานการคำนวณออกแบบระบบส่งน้ำและระบายน้ำ-กรมชลประทาน