บทที่ 1

บทนำ

1.1 คำนำ

การดำรงชีวิตของคนไทยผูกพันกับอาชีพเกษตรกรรมมาเป็นเวลานาน การเกษตรทุกแขนง จะดำรงอยู่ได้ด้วยการพึ่งพาปัจจัย ทั้ง ดิน น้ำ และสภาพอากาศ ล้วนแล้วแต่มีความเกี่ยวโยงกันทั้งสิ้น ประเทศไทยนับว่าโชคดีที่มีแหล่งน้ำสำคัญหลายสายในแต่ละภูมิภาค มีความอุดมสมบูรณ์เอื้อต่อการทำอาชีพเกษตรกรรม อย่างไรก็ดี การจะใช้ทรัพยากรน้ำ ที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์สูงสุดได้นั้น ต้องมีการบริหารจัดการน้ำที่ดี การพัฒนาระบบบริหารจัดการน้ำเพื่อการเกษตร เพื่อใช้น้ำให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยยึดหลักการดำเนินงานตามพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวฯ ที่ทรงให้ความสำคัญกับ “น้ำ” ที่ใช้ใน “การเกษตร” ซึ่งจำเป็นต้องมีน้ำไว้ใช้ได้เพียงพอตลอดปี หากมีการสร้างสระน้ำประจำไร่นาทุกครัวเรือนในหลายพื้นที่ เมื่อรวมกันจะมีปริมาณเท่ากับมีอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ เพื่อใช้เพิ่มพื้นที่เพาะปลูก เลี้ยงสัตว์ และ ทำประมง เพิ่มรายได้ ลดค่าใช้จ่ายของคนในชุมชน และนำความเข้มแข็งมาสู่การทำอาชีพเกษตรกรรม จึงมีการสร้างอ่างเก็บน้ำ สระเก็บน้ำขนาดเล็กเพื่อการเกษตรผสมผสาน การขุดฝายทดน้ำ คลองส่งน้ำ และท่อระบายน้ำ เพื่อแก้ปัญหาภัยแล้งและน้ำท่วม หากมีปริมาณน้ำภายในแปลงมากจึงควรมีการระบายน้ำ

การระบายน้ำผิวดิน (SURFACE DRAINAGE) เป็นการกำจัดน้ำที่ขังอยู่บนผิวดิน โดยการปรับปรุงผิวดินหรือทางระบายน้ำที่มีอยู่แล้วตามธรรมชาติ เพื่อให้น้ำที่ขังอยู่นั้นไหลไปสู่ที่ทิ้งน้ำโดยเร็วที่สุดโดยไม่เกิดการกัดเซาะผิวดินหรือทางระบายน้ำนั้นด้วย และเนื่องจากแปลงทดลองของภาควิชาวิศวกรรมชลประทานที่ใช้เพื่อการเกษตรกรรม และเป็นสื่อการเรียนการสอนของคณาจารย์และนิสิตของภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน ต้องมีการปลูกพืชจริง และยังเป็นพื้นที่ลุ่มและยังต่ำกว่าระดับน้ำในบ่อ1ซึ่งอยู่ติดกัน ทำให้มีน้ำซับน้ำซึมอยู่ตลอดเวลา ซึ่งส่งผลกระทบต่อพืชในพื้นที่เพาะปลูก และเมื่อมีฝนตกลงมาน้ำก็เข้าท่วมพื้นที่เพาะปลูก เดิมทีมีร่องระบายน้ำอยู่แล้วแต่ไม่มีทางระบายออกจากพื้นที่ ต้องมีการสูบน้ำโดยใช้เครื่องสูบน้ำอยู่ตลอด ซึ่งทำให้ต้องเสียค่าใช้จ่าย ทางคณะผู้จัดทำจึงทำการศึกษาระบบระบายน้ำก่อนการจัดการจัดรูปที่ดินในแปลงทดลองของภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาน้ำท่วมในพื้นที่การเกษตร ลดค่าใช้ในการสูบน้ำออกจากพื้นที่และใช้น้ำให้เกิดประโยชน์สูงสุด

1.2 วัตถุประสงค์

- เพื่อศึกษาและวิเคราะห์งานทางด้านระบบระบายน้ำที่ดินของแปลงทดลอง ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน

- เพื่อศึกษาปัญหาการกัดเซาะและการตกตะกอนของระบบระบายน้ำในแปลงทดลองฯ

- เพื่อการศึกษาระบบระบายน้ำในแปลงทดลองฯ

- เพื่อศึกษาหาแนวทางแก้ไขปัญหาการกัดเซาะในระยะยาวและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

1.3 ขอบเขตการศึกษา

- ศึกษาพื้นที่แปลงทดลองของภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ทำการศึกษาทางวิศวกรรมศาสตร์และทางด้านเศรษฐกิจ

- ระยะเวลาในการเก็บข้อมูลปฐมภูมิตั้งแต่ เดือนตุลาคม พ.ศ. 2553 ถึงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2554 รวม 6 เดือน

- ตรวจสอบสภาพของการระบายน้ำทางชลศาสตร์ของแปลงทดลองฯ

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

- เพื่อเสนอเป็นแนวทางในการออกแบบ ปรับปรุง และพัฒนาระบบชลประทานในไร่นา

บทที่ 2

ตรวจสอบเอกสาร

2.1 คำจำกัดความและความสำคัญของการระบายน้ำ (Drainage)

การระบายน้ำ หมายถึง กิจการที่จัดทำขึ้นเพื่อระบายน้ำ ซึ่งมีมากเกินความต้องการออกจากพื้นที่เพาะปลูก ให้เหลือจำนวนที่พอเหมาะต่อการปลูกพืชเท่านั้น เพื่อพืชที่ปลูกจะได้เจริญงอกงามและให้ผลผลิตสูง

พื้นที่ในภูมิภาคที่มีฝนตกชุก หรือพื้นที่ในเขตโครงการชลประทานที่ไม่มีระบบระบายน้ำมักจะประสบปัญหาเกี่ยวกับการมีน้ำมาก แล้วไม่สามารถระบายออกไปได้ทันตามเวลาที่ต้องการ จนเป็นเหตุให้น้ำฝนหรือน้ำชลประทานขังอยู่บนผิวดินหรือซึมลงไปในดิน ทำให้มีระดับน้ำใต้ผิวดินสูงใกล้ผิวดินหรือท่วมเข้าไปในเขตรากพืช รากของพืชไร่เมื่อต้องแช่น้ำอยู่นานจะเน่า และทำความเสียหายแก่พืชที่ปลูก

งานระบายน้ำจะก่อสร้างขึ้นในพื้นที่ซึ่งมีน้ำมากเกินไปเพื่อทำหน้าที่ควบคุมน้ำในบริเวณพื้นที่ซึ่งใช้เพาะปลูก ให้มีจำนวนที่พอเหมาะกับความต้องการของพืช เช่น พื้นที่เพาะปลูกในเขตโครงการชลประทาน ซึ่งส่วนใหญ่แล้วจะต้องการระบบระบายน้ำควบคู่กันไปกับระบบส่งน้ำด้วย เนื่องจากพื้นที่เหล่านี้จะต้องได้รับน้ำชลประทานเพิ่มเติมนอกเหนือจากฝนอยู่เสมอ จึงมักจะมีน้ำเหลือจากความต้องการของพืชขังอยู่บนผิวดิน หรือซึมลงไปในดิน จนทำให้ระดับน้ำใต้ผิวดินสูงขึ้นได้ หรือพื้นที่บางแห่งซึ่งเป็นที่ลุ่ม มีน้ำขังอยู่ตามธรรมชาติตลอดเวลา เมื่อได้สร้างระบบระบายน้ำแล้ว ก็จะช่วยให้พื้นที่ดังกล่าวนั้นไม่มีน้ำขัง และลดระดับน้ำใต้ผิวดินให้อยู่ในระดับต่ำ จนสามารถใช้พื้นที่แห่งนั้นทำการเพาะปลูกพืชต่างๆได้

การระบายน้ำนอกจากจะสามารถควบคุมปริมาณน้ำของพื้นที่เพาะปลูกไม่ให้มีมากเกินไป เพื่อประโยชน์ต่อการปลูกพืชแล้ว ยังจะช่วยปรับปรุงพื้นที่ ซึ่งมีเกลือสะสมอยู่มากจนไม่สามารถปลูกพืชทั่วไปได้ให้มีสภาพดีขึ้น ซึ่งพื้นที่ดังกล่าว ได้แก่ พื้นที่แถบชายทะเล และพื้นที่เพาะปลูกจำนวนมากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยน้ำที่ระบายออกไปจากพื้นที่เพาะปลูกนั้น จะนำเกลือทั้งที่อยู่บนผิวดินและในดินออกไปจากพื้นที่เพาะปลูกด้วยนอกจากนี้ เมื่อระบบระบายน้ำสามารถควบคุมระดับน้ำใต้

ผิวดินให้อยู่ลึกลงไป จากผิวดินได้ตลอดเวลาแล้ว ยังป้องกันเกลือไม่ให้ถูกน้ำพาขึ้นมาสะสมอยู่ในเขตรากพืชอีกด้วยเช่นกัน

2.2 วัตถุประสงค์ของการระบายน้ำ (Drainage Objective)

วัตถุประสงค์พื้นฐานของการเพาะปลูกเพื่อให้ได้ผลผลิตของอาหารและเส้นใย การเพิ่มผลผลิตเพื่อให้คุ้มค่าการลงทุนและเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพนั้น จะบรรลุผลได้จำเป็นต้องมีการระบายน้ำที่เพียงพอ คำว่าการระบายน้ำอย่างเพียงพอ หมายถึงประมาณน้ำที่จำเป็นต้องระบายออกจากพื้นที่ให้ทันเวลาโดยไม่ทำให้พืชผลได้รับอันตรายหรือเสียหายอันจะทำให้ผลผลิตลดลง ในพื้นที่บางแห่งอาจมีการระบายน้ำจากธรรมชาติอย่างเพียงพออยู่แล้ว แต่บางแห่งมีไม่เพียงพอจึงต้องมีการสร้างระบบระบายน้ำเสริมขึ้นมา อันเป็นหน้าที่ของวิศวกรที่ต้องออกแบบ จึงกล่าวได้ว่าวัตถุประสงค์ของการระบายน้ำก็เพื่อจัดทำให้พื้นที่มีความเหมาะสมต่อการเพาะปลูกให้พืชเจริญเติบโตและมีผลผลิตสูง

2.3 วิธีการระบายน้ำ (Drainage Method)

ขั้นตอนการออกแบบระบบระบายน้ำ

2.3.1 ข้อมูลที่ใช้ประกอบการออกแบบระบบระบายน้ำ

- รายงานความเหมาะสมด้านวางโครงการฯ
- แผนที่ 1:50,000 ครอบคลุมพื้นที่โครงการฯ
- แผนที่ 1:20,000 1:10,000 หรือ 1:4,000 ที่แสดงระบบส่งน้ำของโครงการฯ
- ปริมาณฝนสูงสุด 3 วัน ในคาบการย้อนกลับ 5 ปี
- สถิติฝนสูงสุด ในคาบการย้อนกลับ 10 ปี

2.3.2 หลักเกณฑ์การวางแนวคลองระบายน้ำ

ภายหลังจากได้แผนที่โครงการฯ ซึ่งวางระบบส่งน้ำไว้เรียบร้อยแล้ว ก็นำแผนที่นั้นมาวางระบบระบายน้ำ โดยหลักการวางแนวคลองระบายน้ำนั้น จะวางไปตามแนวร่องน้ำเดิมหรือทางน้ำธรรมชาติเป็นหลัก นอกจากนั้น คลองระบายน้ำสายซอย (Secondary Drain Canal) ซึ่งอาจจำเป็นต้องวางเพิ่มเติม ก็จะวางแนวคลองระบายน้ำในบริเวณที่ต่ำสุดหรือลุ่มสุด แล้วให้เชื่อมกับคลองระบายน้ำ

สายหลัก (Main Drain Canal) เมื่อวางระบบระบายน้ำเรียบร้อยแล้ว จึงนำแผนที่นี้ส่งสำนักสำรวจด้านวิศวกรรมและธรณีวิทยา เพื่อทำการสำรวจแนวคลองระบายน้ำต่อไป

2.3.3 หลักเกณฑ์การกำหนดตำแหน่งของอาคารในคลองระบายน้ำ

อาคารประกอบในคลองระบายน้ำจะมีน้อยกว่าอาคารประกอบในคลองส่งน้ำ ซึ่งส่วนใหญ่จะประกอบด้วยอาคารดังนี้

1. อาคารรับน้ำเข้าคลองระบาย หรือช่องเปิดรับน้ำเข้าคลองระบาย จะกำหนดไว้ในบริเวณซึ่งแนวคลองระบายตัดผ่านที่ลุ่ม หรือทุกๆ ระยะประมาณ 200 ม.

2. อาคารระบายน้ำออก (Outflow Structure) จะกำหนดไว้บริเวณ กม. 0+000 ของคลองระบายน้ำที่จะไหลลงลำน้ำธรรมชาติ หรือคลองระบายน้ำสายหลัก เป็นบริเวณจุดบรรจบของคลองระบายน้ำสองสาย

3. น้ำตก (Drop Structure) กำหนดไว้ในคลองระบายน้ำตรงบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงของระดับท้องคลองอย่างมาก หรือในกรณีที่ท้องคลองมีค่าความลาดชันมากเกินกว่า 1:500 หรือเกินกว่า Critical Slope

4. ท่อลอดถนน (Road Culvert) หรือสะพาน คสล. (Concrete Bridge) กำหนดไว้ในตำแหน่งที่คลองระบายน้ำตัดกับถนนหรือทางหลวง ซึ่งส่วนใหญ่มักจะกำหนดเป็น Box Culvert หรือสะพาน แล้วแต่กรณี

2.3.4 เกณฑ์การออกแบบคลองระบายน้ำ

จุดประสงค์ในการออกแบบระบบระบายน้ำ ก็เพื่อที่จะระบายน้ำส่วนเกินจากการใช้ของพืชในพื้นที่เพาะปลูก หรือปริมาณน้ำหลาก (Flood) ที่เกิดจากฝนลงสู่คลองระบายน้ำ ทั้งนี้โดยยึดกฎเกณฑ์ไว้ว่า ปริมาณน้ำหลากจำนวนหนึ่งจะยอมให้ขังอยู่ในพื้นที่เพาะปลูก โดยไม่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อพืช และสามารถระบายออกไปได้หมดภายใน 3 วัน ในการออกแบบคลองระบายแต่ละสายนั้น จะแบ่งการดำเนินการออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ

1. การคำนวณหาปริมาณน้ำเพื่อการออกแบบ ปริมาณน้ำเพื่อจะใช้ในการคำนวณหาขนาดคลองระบายนั้น ได้จากผลรวมของปริมาณน้ำจากพื้นที่ภายในโครงการฯ และปริมาณน้ำหลากจากพื้นที่ภายนอกโครงการฯ

- การคำนวณหาปริมาณน้ำหลากจากพื้นที่ภายนอกโครงการฯปริมาณน้ำหลากซึ่งเกิดจากพื้นที่รับน้ำฝนนอกโครงการฯ ซึ่งมีไม่มากกว่า25 ตร.กม. จะใช้สถิติฝนมากที่สุดในรอบ 10 ปี ของสถานีวัดน้ำฝนใกล้เคียงกับพื้นที่โครงการฯมาใช้ในการคำนวณโดยใช้สูตร Rational's Formula ดังนี้

$$Q = 0.278\ CIA$$

เมื่อ Q = ปริมาณน้ำหลาก (ม.^{3}/วินาที)

C = สัมประสิทธิ์แสดงอัตราส่วนระหว่างน้ำท่า และน้ำฝน(Coefficient of Runoff) ซึ่งขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศและค่า Rainfall Intensity (I)

I = ความแรงของฝน (Rainfall Intensity) (มม./ชม.)

A = พื้นที่ระบายน้ำ (Catchment Area) (ตร.กม.)

ในการหาค่า I ใช้ค่าช่วงเวลา (Duration) เท่ากับ Time of Concentration (T_C)ซึ่งขึ้นอยู่กับความยาวร่องน้ำ (L) และความสูงของร่องน้ำระหว่างต้นน้ำกับจุดพิจารณา (H) มีสมการดังนี้

$$T_C = (0.87\ L^3/H)^{0.385}$$

เมื่อ T_C = Time of Concentration (ชม.)

L = ความยาวของร่องน้ำ (กม.)

H = ความแตกต่างระดับของร่องน้ำจากต้นน้ำถึงจุดที่พิจารณา(ม.)

สมการนี้คิดขึ้นโดย California Division of Highway ซึ่งแสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่าง L H และ T_C ค่า T_C นี้ เป็นค่า Rainfall Duration เพื่อไปหาค่า I หรือ Rainfall Intensity จากกราฟ Rainfall Intensity – Duration – Frequency Curve ได้ในการคำนวณใช้ Rainfall Intensity – Duration – Frequency Curve ของ

สถานีวัดน้ำฝนซึ่งอยู่ในบริเวณใกล้เคียงกับโครงการฯ แล้วแต่ความเหมาะสมของพื้นที่สำหรับพื้นที่รับน้ำฝนที่มีขนาดใหญ่กว่า 25 ตร.กม. จะใช้วิธีคำนวณกราฟน้ำนองจากข้อมูลพายุฝนด้วยเทคนิคกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า ซึ่งจะได้พิจารณารายละเอียดให้เหมาะสมสำหรับพื้นที่แต่ละขนาด

2. การคำนวณหาปริมาณน้ำจากพื้นที่ภายในโครงการฯการคำนวณหาปริมาณน้ำที่จะระบายออกจากพื้นที่ปลูกข้าว จะใช้ค่าของฝนสูงสุด 3 วัน ในรอบ 5 ปี โดยยอมให้มีน้ำขังอีก 70 มม. ดังนั้นการคำนวณค่า Drainage Modulusจะคำนวณได้จากสูตร

$$Q_d = ((R - 70)\ x1{,}600)/(\ 86{,}400xT)$$

เมื่อ q_d = Drainage Modulus (ลิตร/วินาที/ไร่)

R = ปริมาณฝน (มม.)

T = ระยะเวลาที่ยอมให้แปลงนามีน้ำท่วมขัง (วัน)

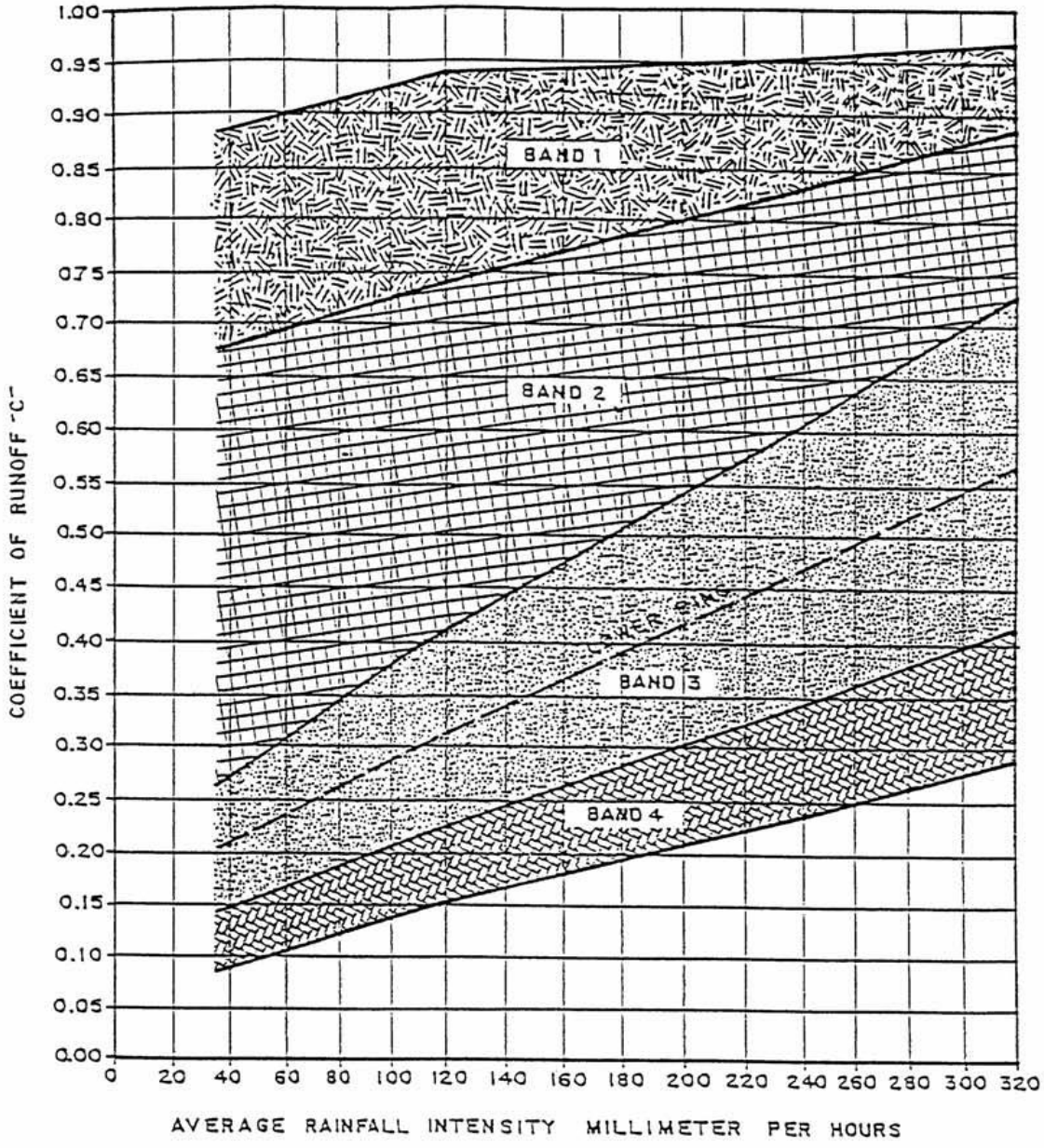
ค่า Drainage Modulus และค่า Area Reduction Factor ของพื้นที่ระบายน้ำจะกำหนดตามที่ได้ศึกษาไว้แล้วในรายงานความเหมาะสมของแต่ละโครงการฯ

ตารางที่ 2.1 แสดงค่า Area Reduction Factor

พื้นที่ระบายน้ำ (ไร่)	Reduction Factor, μ
น้อยกว่า 2,000	1.00
2,000 – 5,000	0.95
5,000 – 10,000	0.90
10,000 – 20,000	0.86
20,000 – 50,000	0.76
50,000 – 100,000	0.72
100,000 – 200,000	0.68
200,000 – 500,000	0.64

ตารางที่ 2.2 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ของน้ำท่า , C

พื้นที่	ความลาดเท %	ดินร่วนปนดินทราย	ดินร่วนปนตะกอน	ดินเหนียวแน่น
ป่า	0-5	0.10	0.30	0.40
	5-10	0.25	0.35	0.50
	10-30	0.30	0.50	0.60
ทุ่งหญ้า	0-5	0.10	0.30	0.40
	5-10	0.15	0.35	0.55
	10-30	0.20	0.40	0.60
เพาะปลูก	0-5	0.30	0.50	0.60
	5-10	0.40	0.60	0.70
	10-30	0.50	0.70	0.80



BAND 1 STEEP, BARREN, IMPERVIOUS SURFACES

BAND 2 ROLLING BARREN IN UPPER BAND VALUES, FLAT BARREN IN LOWER PART OF BAND STEEP FORESTED & STEEP GRASS MEA

BAND 3 TIMBER LANDS OF MODERATE TO STEEP SLOPES, MOUNTAINOUS, FARMING

BAND 4 FLAT PERVIOUS SURFACES, FLAT FARMLANDS WOODED AREAS AND MEADOWS

รูปที่ 2.1 แสดงค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่า C ที่ใช้ในสูตร Rational's Formula

$$Q = q_d \mu A/1000$$

เมื่อ Q = ปริมาณน้ำที่ต้องระบาย (ม.^{3}/วินาที)

q_d = Drainage Modulus (ลิตร/วินาที/ไร่)

A = พื้นที่ระบายน้ำ (ไร่)

μ = Reduction Factor

ปริมาณน้ำเพื่อการออกแบบ (Q_{design}) จะหาได้จากการนำผลรวมของปริมาณน้ำทั้งหมดมาคูณด้วย 1.1 แล้วนำมาปรับขนาดตามความเหมาะสมอีกที ในขั้นตอนการคำนวณหาขนาดคลอง

2.3.5 การคำนวณหาขนาดคลอง

ขนาดคลองระบายน้ำจะต้องมีขนาดใหญ่พอที่จะระบายน้ำได้ตาม Q_{design} ที่ได้กล่าวข้างต้น เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับพื้นที่เพาะปลูก โดยที่ขนาดของคลองระบายน้ำจะเกี่ยวพันถึงการเลือกใช้ลาดผิวน้ำในคลองระบายน้ำ รูปตัดขวางคลอง ลาดด้านข้างคลอง และอัตราความเร็วของน้ำเพื่อป้องกันการกัดเซาะ การตกตะกอน ซึ่งจะทำให้ก้นคลองตื้นเขินเร็วเกินไปการคำนวณหาขนาดคลอง จะหาโดยใช้สูตร

$$Q_{design} = AV$$

เมื่อ Q_{design} = ปริมาณน้ำเพื่อการออกแบบ (ม.^{3}/วินาที)

A = พื้นที่หน้าตัดของน้ำที่ไหลในคลองระบาย (ม.^{2})

V = ความเร็วของน้ำในคลองระบาย (ม./วินาที)

V จะหาได้จากสูตร Manning's Formula ดังนี้

V จะหาได้จากสูตร Manning's Formula ดังนี้

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

เมื่อ V = ความเร็วของน้ำในคลองระบาย (ม./วินาที)

n = Manning's Roughness Coefficient

= 0.030 - 0.035

R = รัศมีชลศาสตร์ (Hydraulic Radius) = A/P (ม.)

A = พื้นที่หน้าตัดของน้ำที่ไหลในคลองระบาย (ม.^{2})

P = ความยาวของเส้นขอบเปียก (Wetted Perimeter) (ม.)

S = ความลาดของ Energy Gradient

= ความลาดของลำน้ำหรือระดับดินธรรมชาติตามความเหมาะสมขึ้นอยู่กับลักษณะภูมิประเทศ

หลักเกณฑ์ที่ใช้ในการออกแบบมีดังต่อไปนี้

1. ลาดผิวน้ำในคลองระบายน้ำ กำหนดให้ลาดผิวน้ำทำให้เกิดการไหลโดย Gravity ด้วยอัตราความเร็วของ
น้ำไม่ก่อให้เกิดการกัดเซาะ และตกตะกอนในคลอง กำหนดลาดผิวน้ำมีค่าระหว่าง 1:1,000 ถึง1:8,000 ในการเลือกใช้ค่าของลาดผิวน้ำแต่ละค่า จะพิจารณาให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ โดยที่ลาดผิวน้ำจะเท่ากับลาดก้นคลอง

2. รูปตัดตามขวางของคลองระบายน้ำ รูปตัดขวางมีลักษณะเป็นคลองเปิดรูปสี่เหลี่ยมคางหมู โดยสัดส่วนระหว่างความกว้างของก้นคลอง (Bed Width of Canal = b) กับความลึกของน้ำในคลอง (Depth of Water in
canal = d) ให้อยู่ระหว่างค่า 1 ถึง 5 (b/d) โดยกำหนดให้ความกว้างของก้นคลองไม่น้อยกว่า 1.00 ม. ลาดด้านข้างคลองระบายน้ำ กำหนดตามสภาพดินของตลิ่งคลองเพื่อป้องกันตลิ่งคลองเลื่อนพังลงมา โดยทั่วไปกำหนดให้ลาดด้านข้างคลองมีค่าเท่ากับ 1:2

3. คันคลองระบายน้ำ (Spoil Bank) ลาดด้านข้างคันคลองกำหนดใช้ความลาดเอียง 1:2 ปริมาณดินขุดจากคลองระบายมาเป็นคันคลองนี้ บางแห่งอาจจะมีมากหรือน้อยตามสภาพภูมิประเทศ อย่างไรก็ตาม จะ
กำหนดความสูงของคันคลองไม่เกิน 1.50 ม. และทุก ๆ ช่วงระยะไม่เกิน 200 ม. จะกำหนดให้มีช่องว่างที่น้ำจะสามารถระบายลงสู่คลองระบายได้ โดยมีความกว้างของช่องเปิดไม่น้อยกว่า 5.00ม. ความกว้างของคันคลอง พิจารณาจากปริมาณดินขุด กำหนดความกว้างของคันคลองระบายไว้อย่างน้อย 1.50 ม. หรือแล้วแต่สภาพภูมิประเทศนั้น ๆ

4. ชานคลอง (Berm) พิจารณาคลองระบายน้ำที่ต้องมีการขุดลอกคลองด้วยเครื่องจักรเครื่องมือ เช่น คลองระบายน้ำสายใหญ่ กำหนดชานคลองกว้าง 4.00 ม. ด้านที่จะใช้เป็นทางวิ่งของรถขุดส่วนด้านที่ไม่ให้รถขุดวิ่ง กำหนดความกว้างอย่างน้อย 1.50 ม. กรณีคลองระบายสายซอยและแยกซอย ซึ่งสามารถใช้แรงคนในการขุดลอกบำรุงรักษาได้ กำหนดให้ Berm กว้างอย่างน้อย 1.50 ม. ทั้งสองด้าน

5. เขตคลอง (Right of Way) เพื่อการบำรุงรักษาและซ่อมแซมคลองระบายน้ำ จึงกำหนดให้เขตคลองห่าง
จากตีนลาดของคันคลองระบายน้ำด้านนอกออกไปอย่างน้อย 2.00 ม. แต่จะยกเว้นในกรณีชนิดคลองระบายขนาดเล็ก หรือมีแนวคลองอยู่ตามแนวเขตของการแบ่งแฉก

6. ระดับน้ำในคลองระบายน้ำระดับน้ำในคลอง F.D.L. (Full Drain Level) กำหนดให้ต่ำกว่าระดับ N.G.L.
ประมาณ 0.30 ม. และระดับน้ำที่ปลายคลองระบายน้ำสายใหญ่ ให้ระดับสูงกว่าระดับน้ำสูงสุดในคลองธรรมชาติ หรืออย่างน้อยเสมอระดับน้ำสูงสุดในคลองธรรมชาตินั้น ๆ ในกรณีน้ำในคลองธรรมชาติอยู่ระดับปกติ ระดับน้ำปลายคลองระบายสายซอยและแยกซอย กำหนดให้สูงกว่าระดับน้ำในคลองระบายน้ำสายใหญ่ หรืออย่างน้อยเสมอระดับน้ำในคลองสายใหญ่นั้น ๆ เพื่อให้การระบายน้ำเกิดประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น

7. ความเร็วของน้ำในคลองระบายน้ำ กำหนดให้ความเร็วในคลองระบายน้ำ ไม่เกินความเร็วสูงสุดที่ทำให้เกิดการกัดเซาะ ซึ่งประมาณได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$V = C.D^{m}$$

เมื่อ V = ความเร็วสูงสุดที่ทำให้เกิดการกัดเซาะ (ม./วินาที)

C = สัมประสิทธิ์การกัดเซาะขึ้นกับชนิดดิน $\approx$ 0.547 สำหรับดินเหนียวปนทราย

D = ความลึกของน้ำในคลอง (ม.)

m = $\frac{2}{3}$

นอกจากหลักเกณฑ์ต่าง ๆ แล้ว ยังได้พิจารณาถึงความสัมพันธ์ของความโค้งที่ศูนย์กลางต่อความกว้างผิวน้ำที่ระดับน้ำสูงสุดจะต้องไม่น้อยกว่า 5 เท่า ตลอดจนกรณีที่จำเป็นต้องลดระดับก้นคลองระบายน้ำ จะกำหนดให้ลดช่วงละไม่เกิน 0.20 ม. เป็นต้น

- **การระบายน้ำผิวดิน (Surface Drainage)**

เป็นการกำจัดน้ำที่ขังอยู่บนผิวดิน โดยการปรับปรุงผิวดินหรือทางระบายน้ำที่มีอยู่แล้วตามธรรมชาติ เพื่อให้น้ำที่ขังอยู่นั้นไหลไปสู่ที่ทิ้งน้ำโดยเร็วที่สุดโดยไม่เกิดการกัดเซาะผิวดินหรือทางระบายน้ำนั้นด้วย

- ปัญหาการระบายน้ำผิวดิน

- พื้นที่สูง ๆ ต่ำ ๆ ทำให้น้ำไหลลงทางระบายน้ำธรรมชาติยาก
- ทางระบายน้ำขนาดเล็ก ระบายไม่ทัน
- สภาพของที่ทิ้งน้ำไม่เหมาะสม ระบายน้ำทิ้งได้ช้า

- ระบบระบายน้ำผิวดิน 4 แบบ

1. แบบหลังเต่า : ระบบระบายน้ำแบบนี้ทำโดยการแบ่งพื้นที่ออกเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า แต่ละแปลงจะพูนเป็นหลังเต่าเทไปหาร่องระบายน้ำเล็ก ๆ สองข้าง และมีคูระบายน้ำหัวและท้ายแปลง การไถพรวนทำในแนวขนานกับด้านยาวของแปลง เหมาะกับพื้นที่ลาดเทไม่เกิน 1.5% ความสามารถให้น้ำซึมผ่านได้ต่ำ พืชที่ปลูกให้ผลตอบแทนไม่คุ้มกับกับการระบายน้ำแบบท่อ และไม่มีที่ทิ้งน้ำที่เหมาะสม

2. แบบไร้รูปแบบ : ระบบระบายน้ำแบบนี้ใช้ระบายน้ำจากแอ่งน้ำหรือที่ลุ่มซึ่งกระจัดกระจายอยู่ในพื้นที่ โดยการขุดคูเชื่อมระหว่างแอ่งน้ำจากแอ่งหนึ่งไปหาอีกแอ่งหนึ่งในแนวที่มีปริมาตรดินขุดและมีการกีดขวางการทำงานน้อยที่สุด แล้วขุดคูจากแอ่งที่อยู่ต่ำสุดไปสู่คูระบายน้ำออกจากพื้นที่
เพื่อให้ระบบระบายน้ำแบบนี้ได้ผลเต็มที่ ดินที่ได้จากการขุดคูนำไปถมแอ่งหรือที่ลุ่มขนาดเล็กแล้วปรับพื้นที่ให้เรียบ และมีความลาดเทไปหาแอ่งน้ำหรือคูระบายน้ำที่ขุดขึ้นนั้น ในดินที่น้ำซึมผ่านได้ยากอาจจะต้องใช้ระบบระบายน้ำแบบนี้ร่วมกับแบบหลังเต่า

3. แบบขวางความลาดเท : ระบบระบายน้ำแบบนี้ใช้สำหรับระบายน้ำจากพื้นที่ลาดชันไม่เกิน 4% โดยขุดคูตื้น ๆ แนวเกือบขนานกับเส้นขอบเนินของพื้นที่เป็นระยะ ๆ คูเหล่านี้น้ำทำหน้าที่รวมน้ำจากพื้นที่ที่สูงกว่าไปสู่คูทิ้งน้ำ ดินที่ได้จากการขุดคูนำไปถมแอ่งหรือที่ลุ่มขนาดเล็กให้เรียบ

4. แบบคูขนาน : ระบบระบายน้ำแบบนี้ใช้สำหรับระบายน้ำจากพื้นที่ราบและดินมีความสามารถซึมน้ำได้ต่ำ ซึ่งทำให้เกิดที่ลุ่มมีน้ำขังกระจัดกระจายอยู่ทั่วไป การจัดระบบระบายน้ำแบบนี้คล้ายกับแบบหลังเต่า คือ แบ่งพื้นที่ออกเป็นสี่เหลี่ยมย่อย ๆ แต่ไม่จำเป็นว่าระยะระหว่างคูระบายน้ำและแปลงต้องเท่ากันทั้งนี้เพราะน้ำจากแต่ละจุดในแปลงย่อยอาจจะไหลไปสู่คูระบายน้ำด้านใดก็ได้ คูน้ำจะต้องมีขนาดใหญ่พอที่จะระบายน้ำได้ทัน โดยน้ำไม่ล้น หรือกัดเซาะตลิ่ง

- การระบายน้ำใต้ดิน (Subsurface Drainage)

เป็นการกำจัดน้ำที่ขังอยู่บนผิวดิน โดยการปรับปรุงผิวดินหรือทางระบายน้ำที่มีอยู่แล้วตามธรรมชาติ เพื่อให้น้ำที่ขังอยู่นั้นไหลไปสู่ที่ทิ้งน้ำโดยเร็วที่สุดโดยไม่เกิดการกัดเซาะผิวดินหรือทางระบายน้ำนั้นด้วย

ปัญหาการระบายน้ำใต้ดิน

1. น้ำใต้ดินของที่ราบในหุบเขา
   - มีน้ำใต้ดินขังอยู่ชั้นดินดาน ความลาดเทน้อย มีการเคลื่อนตัวอย่างช้าๆไปสู่ ลำธารหรือทางน้ำที่ไหลออกไปจากหุบเขา
   - น้ำส่วนมากมาจากน้ำฝน และน้ำชลประทานที่ให้มากเกินไป
   - ถ้าในน้ำมีเกลือมาก เกลืออาจจะสะสมบนผิวดินได้
2. น้ำใต้ดินของที่รั่วจากชั้นน้ำบาดาล
   - ระบายออกได้ยาก เพราะน้ำไหลมาเพิ่มเรื่อย ๆ ควบคุมไม่ได้
   - แก้ไขโดย วางท่อระบายน้ำให้ลึก และถี่
   - ถ้ามีแรงดันสูงต้องเจาะบ่อสูบน้ำเพื่อลดแรงดัน
   - มีค่าใช้จ่ายสูง ไม่คุ้มค่ากับประโยชน์ที่ได้รับ
3. ระดับน้ำใต้ดินเทียม
   - เป็นระดับน้ำใต้ดินที่เกิดขึ้นบนชั้นดินที่น้ำซึมผ่านได้ยากซึ่งอยู่สูงกว่าระดับน้ำใต้ดินที่แท้จริง
   - ระบายโดยการเจาะชั้นดินที่น้ำซึมผ่านได้ยากให้น้ำไหลสู่ระดับน้ำใต้ดินที่แท้จริง
4. ปัญหาของการไหลของน้ำใต้ดินในทางราบ
   - เกิดจากการแยกตัวของดิน ดินชั้นติดกันมีความสามารถให้น้ำซึมผ่านได้ต่างกัน
   - เกิดจากการรั่วซึมของน้ำในคลอง ระดับน้ำในคลองสูงกว่าระดับดินมากและทางระบายน้ำอยู่ใกล้กับคลองส่งน้ำอาจจะทำให้เกิดการกัดเซาะอย่างรุนแรง

-ระบบระบายน้ำใต้ดิน 5 แบบ

1. ระบบท่อขนาน : ระบบระบายน้ำแบบนี้ประกอบขึ้นด้วยท่อน้ำที่วางขนานกันเป็นระยะ ๆ และตั้งฉากกับท่อประธานซึ่งทำหน้าที่รับน้ำจากท่อระบายน้ำ ซึ่งจะมีอยู่เพียงด้านใดด้านหนึ่งของท่อประธานไปสู่ที่ทิ้งน้ำ ระบบระบายน้ำแห่งนี้เหมาะสำหรับพื้นที่ราบที่เป็นรูปสี่เหลี่ยมและเนื้อดินสม่ำเสมอ

2. ระบบก้างปลา : ระบบระบายน้ำแบบนี้ประกอบด้วยท่อระบายน้ำที่วางขนานกันเป็นระยะ เช่นเดียวกันกับแบบแรก แต่จะทำมุมและต่อเข้ากับท่อประธานทั้งสองด้านลักษณะคล้ายก้างปลา เหมาะกับที่ที่ท่อประธานหรือรองประธานวางอยู่ในร่องระบายน้ำธรรมชาติตื้น ๆ ซึ้งพื้นที่ลาดเข้าทั้งสองข้าง

3. ระบบท่อประธานคู่ : ระบบระบายน้ำแบบนี้ดัดแปลงมาจากสองแบบแรก กล่าวคือ เมื่อต้องวางท่อประธานในแนวร่องระบายน้ำธรรมชาติซึ่งลึกหรือเป็นทางน้ำอยู่แล้วทำให้ต้องแบ่งพื้นที่ที่ต้องระบายน้ำออกเป็นสองแปลง
และมีท่อประธานสองท่ออยู่บนแต่ละฝั่งของทางน้ำ ความจริงการมีท่อประธานสองท่อนี้นอกจากจะช่วยให้การวางระบบระบายน้ำทำได้สะดวกกว่า เนื่องจากระดับดินบนสองฝั่งของทางน้ำอาจแตกต่างกันมากแล้ว ถ้าหากมีการไหลซึมของน้ำนั้นเข้าสู่พื้นที่ท่อประธานจะทำหน้าที่สกัดกั้นน้ำเหล่านี้ไว้ด้วย

4. ระบบไร้รูปแบบ **:** ระบบระบายน้ำแบบนี้ใช้กับพื้นที่สูง ๆ ต่ำ ๆ และมีที่ลุ่มน้ำขังเป็นแห่ง ๆ ซึ่งไม่ต้องการระบบระบายน้ำที่มีทางระบายน้ำวางขนานกันเป็นระยะ ๆ คลุมทั้งพื้นที่ ระบบระบายน้ำแบบนี้ค่อนข้างประหยัดเพราะจะมีแต่ท่อประธานเชื่อมต่อบริเวณที่ต้องการระบายน้ำแต่ละจุดและมีท่อระบายน้ำเฉพาะที่ลุ่มเท่านั้น

5. ระบบสกัดกั้น : ระบบระบายน้ำแบบนี้ใช้สกัดกั้นการไหลซึมของน้ำซึ่งไหลในทางราบเหนือชั้นดินที่น้ำซึมผ่านได้ยาก
ที่โผล่ขึ้นมาหรือวางอยู่ใกล้กับผิวดิน และทำให้มีน้ำซึมออกมาจากบริเวณดังกล่าว การระบายน้ำในพื้นที่ที่มีลักษณะเช่นนี้จะทำโดยการวางท่อระบายน้ำบนชั้นดินที่น้ำซึมผ่านได้ยากตอนบนของบริเวณที่มีน้ำซึม ในแนวขนานกับแนวที่มีน้ำซึมออกมา และมีความลาดเทไปสู่ที่ทิ้งน้ำ

-หลักการระบายน้ำ (Principles of Drainage)

หลักการเบื้องต้นของทฤษฎีต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการระบายน้ำออกจากพื้นที่เพาะปลูกนั้นได้พัฒนาขึ้นมาจากวิทยาศาสตร์หลายสาขาวิชา กฎต่างๆ เกี่ยวกับการไหลของน้ำที่ได้มีการศึกษาและค้นพบมาแล้วจะถูกนำมาประยุกต์ใช้กับการเคลื่อนที่ของน้ำทั้งบนผิวดิน ในทางน้ำและที่ผ่านดิน นอกจากนี้ข้อมูลต่างๆ ที่ได้จากประสบการณ์จากการระบายน้ำในอดีตจะสามารถนำมาใช้สำหรับเป็นพื้นฐานสำหรับการออกแบบการระบายน้ำที่เรียกว่าเป็นแบบ Empirical ซึ่งเป็นแบบที่ได้จากประสบการณ์ที่ได้ก่อสร้างระบบระบายน้ำในอดีต การศึกษางานที่ได้ก่อสร้างมาแล้วจะช่วยให้วิศวกรสามารถแก้ไขปัญหาการออกแบบระบบระบายน้ำได้ดียิ่งขึ้น

- ปัจจัยของการออกแบบการระบายน้ำ (Factor the Design of Drainage)

โดยทั่วไป การก่อสร้างระบบระบายน้ำจำนำวิชาการหลายสาขาวิชามาประยุกต์ใช้ซึ่งรวมถึงเป้าหมายที่ต้องการ การสำรวจสภาพปัจจุบันของพื้นที่ ประสบการณ์จากการระบายน้ำที่มีสภาพคล้ายๆกัน และการจัดเตรียมการออกแบบและแบบแปลนต่างๆ ปัจจัยของการออกแบบระบายน้ำแบ่งออกเป็น 4 ข้อใหญ่ๆ คือ

1. ความต้องการระบายน้ำของพืช
2. การตรวจสอบวิเคราะห์พื้นที่
3. เกณฑ์ที่ใช้ในการออกแบบ
4. แบบแปลนและข้อกำหนดรายละเอียด

- ความต้องการระบายน้ำของพืช (Drainage Requires of the Plant)

พืชชนิดต่างๆ จะมีความทนทายต่อน้ำเกินความต้องการที่แตกต่างกันไป ทั้งจำนวนและระยะเวลา น้ำที่เกินความต้องการนี้ไม่ได้ทำให้รากพืชได้รับอันตรายโดยตรง แต่จะมีผลกระทบทำให้ดินขาดออกซิเจนและเกิดการสะสมแก๊สพิษ การขาดออกซิเจนเวลาสั้นๆ สามารถลดการดูดน้ำและอาหารของรากพืช ลดการหายใจของรากพืช และสร้างสารพิษทำให้เซลล์และรากตาย การออกแบบระบายน้ำจะต้องพิจารณาถึงความต้องการระบายน้ำของพืชด้วย โดยการเลือกอัตราการระบายน้ำที่เหมาะสมกับพืชแต่ละชนิด ซึ่งความต้องการระบายน้ำของพืชนั้นขึ้นอยู่กับ

1. ระยะเวลานานที่สุดและความถี่ที่น้ำขังบนผิวดิน
2. ระดับน้ำใต้ดินที่ขึ้นมาสูงสุด
3. อัตราต่ำสุดที่น้ำใต้ดินลดระดับลง

ซึ่งข้อมูลเหล่านี้หาได้จากรายงานเกี่ยวกับผลกระทบของน้ำที่เกินความต้องการของพืช ความลึกของรากพืชและความต้องการอากาศของพืช

- หลักการระบายน้ำผิวดิน (Principles of Surface Water Drainage)

การระบายน้ำผิวดินสามารถทำได้ 2 ลักษณะ คือ

1. ระบายน้ำที่ขังอยู่ภายในพื้นที่ออกไปโดยสร้างทางระบายน้ำในพื้นที่เพื่อรวบรวมน้ำแล้วระบายออกไปจากพื้นที่

2. ระบายน้ำโดยผันน้ำที่ไหลมาจากนอกพื้นที่ไม่ให้เข้ามาในพื้นที่โดยสร้างทางระบายน้ำสกัดกั้นแล้วผันน้ำออกไป

ระบบระบายน้ำผิวดินแบ่งตามหน้าที่ได้ 3 ส่วน คือ

1. ระบบรวบรวมน้ำ อาจจะเป็นร่องระบาย คูระบาย ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของระบบจะทำหน้าที่เป็นส่วนแรกของการรวบรวมจากแปลงเพาะปลูกภายในพื้นที่โดยตรง
2. ระบบลำเลียง ปกติเป็นคลองระบายน้ำ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของระบบจะทำหน้าที่ลำเลียงน้ำจากระบบรวบรวมน้ำ แล้วระบายออกไปสู่ที่ทิ้งน้ำ
3. ที่ทิ้งน้ำ ทำหน้าที่เป็นจุดสุดท้ายของระบบระบายน้ำในการจัดการน้ำออกไปจากพื้นที่

การระบายน้ำผิวดินใช้หลักของพลังงานศักดิ์ ซึ่งเนื่องมาจากความต่างของระดับทำให้เกิด Hydraulic Grade line ระบบระบายน้ำผิวดินจะสร้างโดยมีความลาดเทของพื้นผิวระบาย น้ำจะไหลจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำโดยแรงโน้มถ่วงของโลก

- สภาพเงื่อนไขทางกายของพื้นที่ (Terms of Physical)

ลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ซึ่งมีความแตกต่างกันไป จะมีผลกระทบอย่างมาก องค์ประกอบทางกายภาพแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่

1. องค์ประกอบทางลักษณะภูมิประเทศ
2. องค์ประกอบของลักษณะดิน
3. องค์ประกอบของแหล่งน้ำ

-การตรวจสอบและวิเคราะห์การระบายน้ำ (Monitoring and Analysis of Drainage)

ระบบระบายน้ำที่ออกแบบและก่อสร้างขึ้นมาเพื่อแก้ปัญหาการระบายน้ำที่เกิดขึ้นบริเวณพื้นที่นั้นๆ สิ่งจำเป็นลำดับแรกคือ จะต้องมีการวิเคราะห์ถึงปัญหาและสาเหตุของปัญหาการระบายน้ำซึ้งต้องการอาศัยความชำนาญ

การสำรวจและตรวจสอบวิเคราะห์ของแต่ละโครงการจะต้องทำในระดับมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับ

1. ข้อมูลที่มีอยู่แล้วและสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้
2. ขนาดของพื้นที่โครงการ
3. วิธีการระบายน้ำ

- การตรวจสอบวิเคราะห์การระบายผิวดิน(Analysis of Surface Drainage)

วิศวกรมีหน้ารับผิดชอบการออกแบบการระบายน้ำ โดยจะต้องตัดสินใจทั้งชนิดและระดับความมากน้อยในการสำรวจตรวจสอบวิเคราะห์ที่จะต้องจัดทำเพื่อเป็นการวางแผนออกแบบและประเมินโครงการ ให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของโครงการ ดังนั้น ในการตรวจสอบวิเคราะห์การระบายน้ำจึงควรกำหนดหัวข้อของงานที่จะต้องทำ พร้อมทั้งแสดงรายการขององค์ประกอบต่างๆ ที่จะต้องนำมาพิจารณาอย่างละเอียดว่ามีอะไรบ้าง

โดยทั่วไปการสำรวจตรวจสอบวิเคราะห์การระบายน้ำผิวดิน เพื่อการวางแผนและออกแบบรายการที่จะต้องจัดทำมีดังนี้

1. การตรวจสอบลักษณะภูมิประเทศ
2. การสำรวจดินและบริเวณพื้นที่ซึ่งมีการกัดเซาะวิกฤต
3. การจัดทำแผนที่การใช้พื้นที่
4. การวิเคราะห์น้ำฝนและน้ำท่า
5. การวิเคาระระดับน้ำและความถี่ในจุดที่ทิ้งน้ำรวมทั้งระดับน้ำขึ้นลงเนื่องจางการหนุนของน้ำทะเล

- น้ำฝนและน้ำท่า (Rainfall and Runoff)

ในเขตภูมิอากาศชุ่มชื้น น้ำเกินความต้องการซึ่งต้องระบายออกจากพื้นที่เพาะปลูกส่วนใหญ่จะเกิดมาจากน้ำฝน ปริมาณอัตราของฝนที่ตกลงมาจะมีบทบาทสำคัญในการกำหนดความต้องการระบายน้ำ ขนาดทางระบายน้ำสัมพันธ์โดยตรงกับฝนและความสามารถของดินที่จะดูดเก็บน้ำเอาไว้ได้ ปริมาณฝนที่ตกลงมาในช่วงระยะเวลาหนึ่งๆ จะขึ้นอยู่กับฤดู ระยะเวลาฝนตกที่เลือกและเขตภูมิอากาศ ระบบระบายน้ำจะออกแบบตามอัตราของฝนที่เลือกขึ้นมาจากอัตราของฝนที่ตกลงมาใน

อัตราหนึ่งหรือตามอัตราของฝนที่คาดว่าจะเกิดขึ้น ซึ่งเรียกว่าฝนออกแบบ ฝนออกแบบนี้จะต้องระบายออกจากพื้นที่ให้ทันเวลาโดยที่ไม่ทำให้เกิดความเสียหายแก่พืช ในการออกแบบระบบระบายน้ำจำเป็นต้องรู้อัตราระบายน้ำออกแบบ ซึ่งจะประเมินได้จากการวัดโดยตรงหรือโดยทางอ้อมจากการวิเคราะห์ความถี่และการทำนายการเกิดของฝนจากสถิติน้ำฝน

2.4 ผลกระทบของการระบายน้ำไม่ดี (Impacts of Poor Drainage)

ในการเจริญเติบโตของพืชนั้น รากพืชจำเป็นต้องหายใจอย่างคงที่ ซึ่งส่วนใหญ่แล้วรากพืชสามารถเจริญเติบโตในน้ำ ถ้าน้ำนั้นมีออกซิเจนละลายอยู่และไม่มีสารพิษ ดังนั้นในดินซึ่งอิ่มตัวด้วยน้ำ จึงไม่จำเป็นต้องเป็นอันตรายต่อพืชเสมอไป ถ้ารากพืชสามารถหายใจได้ แต่อย่างไรก็ตามในพื้นที่ซึ่งมีการระบายน้ำไม่ดีจะมีผลกระทบหรือผลเสียเกิดขึ้นทั้งกับพืชและดิน ผลกระทบที่เกิดขึ้นจะมีความสัมพันธ์ระหว่างกัน ยากที่จะแยกผลกระทบออกจากกัน ผลกระทบของการระบายน้ำไม่ดี มีดังนี้

ในดินที่ชื้นแฉะ จะมีน้ำเกินความต้องการของพืชกักอยู่ในช่องว่างระหว่างเม็ดดิน ทำให้การถ่ายเทอากาศระหว่างเม็ดดินและบรรยากาศลดลงทำให้เกิดการบีบตัวของราก อากาศไม่มีการหมุนเวียน การถ่ายเทของอากาศในดินกับบรรยากาศจะมีอยู่เฉพาะใกล้ๆผิวดิน ประมาณ 5 – 7 เซนติเมตร เท่านั้น ดินที่ลึกกว่านี้จะไม่มีออกซิเจนและเมื่อเกิดน้ำท่วม ออกซิเจนจะหมดไปในไม่กี่ชั่วโมง เมื่อขาดออกซิเจนการย่อยสลายของอินทรีย์วัตถุโดยจุลินทรีย์จะลดลง ทำให้ไนโตรเจนซึ่งมีในรูปซึ่งเป็นประโยชน์ต่อพืชลดลง นอกจากนี้ยังทำให้ดินเป็นพิษต่อพืชในเวลาเพียงสองสามวัน ดินซึ่งอยู่ในสภาพชื้นแฉะฟอสฟอรัสจะสามารถละลายน้ำได้มากขึ้นและถูกชะล้างออกไปจากดิน การที่ดินอยู่ในสภาพชื้นแฉะและขาดออกซิเจนจะทำให้พืชลดขบวนการของ การหายใจ การคายน้ำ การสังเคราะห์แสง การดูดน้ำและอาหาร

2.5 ประโยชน์ของการระบายน้ำ (Benefits of Drainage)

การระบายน้ำจะช่วยเสริมให้เกิดบรรยากาศที่ดีต่อรากพืช เช่น การถ่านเทอากาศระหว่างดินและบรรยากาศ การพัฒนาการงอกของเมล็ดอาหารพืช โรคพืชลดลง ควบคุมการสะสมของเกลือบริเวณรากพืช โครงสร้างของดินและสภาพของดินดี การปฏิบัติการเพาะปลูกสะดวกและมี

ประสิทธิภาพ การระบายน้ำจะทำให้พื้นที่เหมาะสมและปลูกพืชได้มากขึ้น ปลูกพืชได้หลายชนิดและคุณภาพผลผลิตดีขึ้น ระบบระบายน้ำจะส่งเสริมให้เกิดประโยชน์ดังนี้

1. เพิ่มการเพาะปลูกได้โดยไม่ต้องขยายพื้นที่
2. ผลผลิตและคุณภาพของพืชดีขึ้น
3. ทำให้สามารถวางแผนการจัดการที่ดีเกี่ยวกับการใช้ที่ดิน
4. ทำให้สามารถกำหนดวันปลูกและเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมที่สุด

2.6 การสำรวจ

2.6.1 ความสำคัญ ความหมายของการสำรวจ

1. ความสำคัญ การที่จะให้มนุษย์แลเห็นไกลออกไปมากกว่าที่จะแลเห็นด้วยตาเปล่า ทาให้เกิดความรู้ความเข้าใจถึงลักษณะภูมิประเทศและรูปร่างลักษณะของโลกจาเป็นจะต้องอาศัยแผนที่แผนผัง การทาแผนที่เป็นวิชาแขนงหนึ่งของวิทยาศาสตร์ ซึ่งการที่จะได้แผนที่แผนผังต้องใช้วิธีการสำรวจ

2. ความหมาย “การสำรวจ” (Surveying) คือ การเก็บรายละเอียดทั่วไป โดยใช้หลักการ“การสังเกต” (Observation) และการวัดระยะเพื่อที่จะทาขอบเขตของพื้นที่ ขนาด ปริมาณ ตำแหน่ง สภาพต่าง ๆ ของจุดที่สำรวจ ของพื้นที่ดิน อสังหาริมทรัพย์ (อาคาร บ้านเรือน ฟาร์ม เหมืองแร่ ฯลฯ) อย่างไรก็ตาม งานสำรวจต้องสิ้นสุดด้วยการรายงานข้อมูลของการสำรวจในแบบที่เหมาะสม

2.6.2 จุดประสงค์การสำรวจ

1. เพื่อนาเอาลักษณะภูมิประเทศและรูปร่างลักษณะของพื้นผิวโลกให้เข้ามาใกล้ตัวมนุษย์โดยไม่ต้องไปดู สัมผัสกับพื้นที่จริง

2. เพื่อให้ได้แผนที่ แผนผัง อันใช้เป็นหลักฐานอ้างอิงสิ่งต่าง ๆ ได้

2.6.3 ขั้นตอนในการสำรวจ

1. การเก็บข้อมูลทั่วไป เพื่อที่จะเก็บลักษณะรูปร่าง หน้าตาทั่ว ๆ ไปของงานที่จะสำรวจเสียก่อน ก่อนที่จะลงมือสำรวจเก็บรายละเอียดต่างๆ

2. การสังเกตและการวัด ในการสำรวจพื้นที่ต้องมีการรังวัด เพื่อที่จะหาตำแหน่งของหมุดต่างๆ และหาขนาดรูปร่างตามธรรมชาติ รวมทั้งสิ่งต่าง ๆ ที่ธรรมชาติสร้างหรือมนุษย์สร้างขึ้นในพื้นที่นั้น ๆ

3. การเสนอรายงาน ในการสำรวจถือว่าเป็นการรายงานข้อมูลจากการสำรวจในแบบที่เหมาะสมเป็นสิ่งที่สำคัญ โดยเฉพาะการรายงานจะต้องถูกต้อง ชัดเจน และเป็นที่เข้าใจสาหรับคนอื่นที่จะดูรายงานนั้นๆ ซึ่งอาจจะเป็นการเขียนรายงาน การแสดงรายการ ปริมาตรของงาน รายงานแสดงข้อมูล การเขียนแผนผัง หรือแผนที่แสดงลักษณะขนาด รูปร่าง ลักษณะภูมิประเทศ สิ่งปลูกสร้างของพื้นที่ โดยมีขนาดตามมาตราส่วนตามที่ต้องการ

2.6.4 งานสำรวจขั้นต้น (Reconnaissance)

การสำรวจพื้นที่ เพื่อหารูปตัดตามยาว (Profile) หรือโครงการใหญ่ ๆ เช่น การสร้างเขื่อนสร้างอ่างเก็บน้ำ การวางแนวถนน ทางรถไฟ สายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง ฯลฯ. จะต้องมีการสำรวจขั้นต้น ซึ่งถือเป็นงานสำรวจเบื้องต้นก่อนที่จะเข้าปฏิบัติงานจริง ๆ โดยงานสำรวจขั้นต้นก่อให้ เกิดประโยชน์ในการตัดสินใจ 3 ส่วน ดังนี้

1. ตัดสินใจเกี่ยวกับความมุ่งหมายการสำรวจ เพื่อที่จะได้คัดเลือกวิธีการสำรวจให้เหมาะสม เช่น

- การสำรวจทางธรณีวิทยา (Geodetic Surveying) จะใช้กับการสำรวจทาเหมืองแร่
- การสำรวจภูมิประเทศ (Topographic Surveying) จะใช้กับการสำรวจทาแผนที่สำรวจทาเส้นชั้นความสูง (Contour Line)
- การสำรวจเส้นขอบเขตพื้นที่ (Cadastral Surveying) จะใช้กับการสำรวจเกี่ยวกับการรังวัดที่ดิน ขอบเขตของประเทศ การสำรวจเส้นทาง
- การสำรวจวิศวกรรม (Engineering Surveying) จะใช้ในการสำรวจบริเวณพื้นที่ก่อสร้าง (Site surveying)

2. ตัดสินใจขนาดความละเอียดของข้อมูลที่สำรวจ (Accuracy) ที่ต้องการ ซึ่งควรเก็บข้อมูลที่สำรวจให้มีความละเอียดเหมาะสมกับงานที่ดาเนินการ เพื่อให้เกิดความสิ้นเปลืองน้อยลงรวดเร็วในการตัดสินใจ ความละเอียดที่ต้องการ ความผิดพลาดมาตรฐานที่ยอมรับได้

3. ตัดสินใจกำหนดวิธีการวัดที่ต้องการ เช่น กำหนดวิธีการวัดระยะ การเก็บค่าระดับ การกำหนดหมุด (Station)

2.6.5 การรังวัด (Measurement)

ในการสำรวจพื้นที่ การรังวัดจะมี 2 ชนิด คือ

1. วัดระยะทางหรือวัดระยะเส้นตรง (Linear) เป็นการวัดระยะของจุดต่างๆ บนพื้น ผิวดิน โดยใช้ เทปวัดระยะ โซ่ กล้องสำรวจ วงรอบ (Traversing) และการทาระดับ (Leveling)

2. วัดมุม (Angular) เป็นการวัดมุมระหว่างเส้นสำรวจหรือระหว่างทิศทางที่ใช้อ้างอิง (Reference direction) ส่วนมากใช้ทิศเหนือ หรือระหว่างเส้นราบ (Horizontal) และทางดิ่ง (Vertical) ซึ่งในการสำรวจพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่ง ต้องใช้วิธีใดวิธีหนึ่ง หรืออาจใช้ร่วมกัน ในการวัดระยะเส้นตรงโดยใช้การวัดด้วยเทปวัดระยะหรือโซ่ (Chain surveying) อาจใช้วิธีการรังวัดเป็นรูปสามเหลี่ยม (Triangulation) หรืออาจจะใช้วิธีการเป็นวงรอบ (Traversing) และการทาระดับ (Leveling)

2.6.6 การควบคุมและการตรวจสอบ

การสำรวจต้องมีการควบคุมและตรวจสอบ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้อง เป็นจริง ซึ่งมี 2 ขั้นตอน คือ

1. วางจุด หรือกำหนดจุดต่างๆ (สถานีต่างๆ) ให้ตายตัวแน่นอนค่อนข้างละเอียด จุดต่าง ๆ เหล่านี้เรียกว่าจุดควบคุม (Controls) การสำรวจรอบๆจุดนี้อาจกระทาได้และอาจจะลดความละเอียดลงได้ตามความเหมาะสม ความผิดพลาดเกิดขึ้นได้ในการสำรวจ แต่ถ้ามีจุดควบคุมเราสามารถคำนวณปรับแก้ความผิดพลาดที่หลังได้ ทาให้โอกาสการสะสมความผิดพลาดจะไม่เกิดขึ้น ซึ่งจุดควบคุมถือว่ามีความสำคัญมากที่สุดในการสำรวจ

2. งานสำรวจทุกชนิดต้องมีการตรวจสอบ หรือตรวจสอบได้ตลอดเวลา การวัดทุกชนิดที่ใช้ในการสำรวจเก็บรายละเอียดข้อมูลต้องกระทาในลักษณะที่ความผิดพลาดใด ๆ ต้องได้รับการตรวจสอบก่อนงานนั้นๆหมดสิ้นไป โดยพยายามกระทาให้เสร็จสิ้นก่อนงานสำรวจเสร็จ

2.6.7 หน่วยที่ใช้วัดระยะในงานสำรวจ (Units of Measurement)

การรังวัดระยะในงานสำรวจ มีหน่วยวัดที่ใช้ทั่วไป ดังนี้

1. หน่วยเมตริก (SI Units มาจาก International System of Units) ซึ่งเป็นข้อตกลงระหว่างประเทศ ให้ใช้ความยาวเป็นเมตร คือ 1 เมตร เท่ากับ 1,650,763.73 ความยาวคลื่นในสุญญากาศ(ใช้แสงสีส้มในแท่ง spectrum หรือแท่งแก้วสามเหลี่ยมที่แยกแสงได้) โดยของเดิมใช้วัดระยะ 1 เมตร เท่ากับ 1 ใน 10,000,000 ของความยาวของระยะจากเส้นศูนย์สูตร (Equator) ถึงขั้วโลก

2. ระยะเส้นตรง (Linear Measurement) มาตรฐานสากลใช้ความยาวเป็นกิโลเมตร และมิลลิเมตรเท่านั้น คือ

- 1 กิโลเมตรหรือ 1 ก.ม. หรือ 1 km. เท่ากับ 1,000 เมตรหรือ 1,000 ม. หรือ 1,000 m.
- 1 เมตรหรือ 1 ม. หรือ 1 m. เท่ากับ 1,000 มิลลิเมตรหรือ 1,000 ม.ม. หรือ 1,000 mm.

การเขียน เช่น

1) 70.025 เท่ากับ 70 เมตร กับอีก 25 มิลลิเมตร (เขียนทศนิยม 3 ตำแหน่งเสมอ)

2) 1,075.545 เท่ากับ 1 กิโลเมตร กับอีก 75 เมตร 54 เซนติเมตร 5 มิลลิเมตร

3) 100+075.025 หรือ 100 075.025 km หรือ 100,075.025 เท่ากับ 100 กิโลเมตร กับอีก 75 เมตร 2 เซนติเมตร 5 มิลลิเมตร

3. การวัดพื้นที่ (Area Measurement) มาตรฐานสากลใช้ตารางกิโลเมตร หรือ km2 หรือ ก.ม.2 หรือ เฮกตาร์ (hectare หรือ ha = 10,000 m^2) ซึ่งหน่วยย่อยคือ ตารางเมตร(m^2)

โดย 1 km^2 = 100 ha 1 ha = 100×100 m^2

ถ้าเป็นมาตรฐานของอังกฤษการวัดพื้นที่จะใช้หน่วยเป็น เอเคอร์(acre)

โดย 1 km^2 = 247.105 acre 1 acre = 4,046.86 m^2

2.6.8 การเสนอรายงานการสำรวจ (Presentation)

ในการสำรวจพื้นที่ การเสนอรายงานการสำรวจมักจะอยู่ในรูปของแผนที่(มีมาตราส่วนขนาดเล็ก ขนาด 1 : 1,000 ขึ้นไป) หรือแผนผัง(มีมาตราส่วนขนาดใหญ่ ขนาด 1 : 1,000 ลงมาที่นิยมใช้กันคือ 1 : 500) หรืออยู่ในรูปของไดอะแกรม (Diagram) พร้อมด้วยรายละเอียดที่บันทึกในแบบที่เหมาะสม (สมุดสนาม หรือ Field books) มีมาตราส่วนกำหนดใช้สัญลักษณ์แทนสิ่งต่าง ๆ ที่มีในพื้นภูมิประเทศ รวมทั้งการคำนวณต่าง ๆ ที่ได้จากข้อมูล

1. แผนที่มาตรส่วนเล็ก (Small Scale Surveys) จะต้องใช้สัญลักษณ์แสดงหน้าตาของวัตถุที่มีในบริเวณสำรวจ โดยไม่บันทึกขนาดที่แน่นอนของวัตถุนั้น ส่วนมากใช้ มาตราส่วน หรือ scale 1 : 2,000 ถึง 1 : 1,000,000

2. แผนที่มาตรส่วนใหญ่ (Large Scale work) จาเป็นต้องแสดงรายละเอียดของอาคารที่ต้องเขียนลงในแผนที่ด้วย แต่อย่างไรก็ตามถ้าวัตถุที่ไม่สามารถระบุรายละเอียดได้จะต้องใช้สัญลักษณ์แทนหน้าตาของวัตถุที่มีในบริเวณสำรวจ โดยทั่วไปจะใช้มาตราส่วน หรือ scale 1 : 1,000 ถึง 1 : 10,000

2.6.9 แผนที่และแผนผัง (Maps and Plans)

1. แผนที่ (Maps) จะมีมาตราส่วนขนาดเล็กสามารถแสดงรูปร่าง หน้าตาของพื้นภูมิประเทศได้กว้าง ๆ ส่วนมากจะใช้สัญลักษณ์แทนหน้าตาของวัตถุ มาตราส่วนที่ใช้ 1 : 1,000 ขึ้นไป

2. แผนผัง (Plans) จะแสดงรูปร่างของสิ่งต่างๆบนพื้นภูมิประเทศได้อย่างถูกต้องครบถ้วนมีมาตราส่วน ขนาด 1 : 1,000 ลงมา แต่ที่นิยมใช้กันคือ 1 : 500

2.6.10 การแสดงความสูงต่ำของภูมิประเทศ (Relief Map)

ในการทาแผนที่บางครั้งจะต้องแสดงความสูงต่ำของพื้นผิวดินในภูมิประเทศส่วนมากมักจะแสดงเป็นเส้นระดับความสูง (Contour Line) เส้นลายขวานสับ (Hankering) การแลเงา (Hidden shading) บนที่เนินต่างๆ

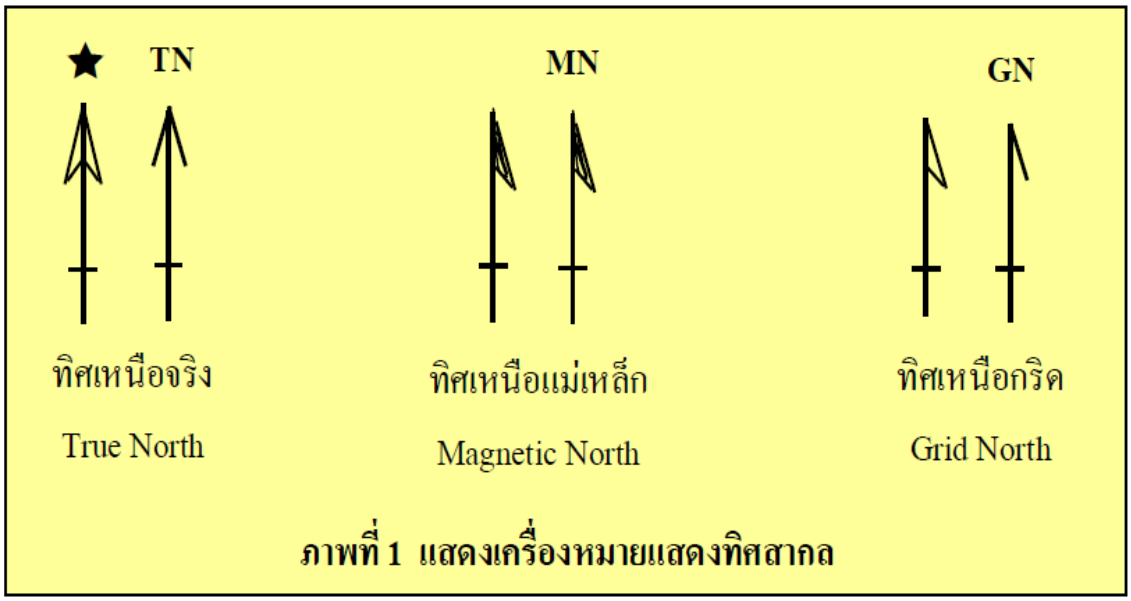
2.6.11 ทิศทาง (Directions)

ทิศทางแนวการสำรวจสามารถกำหนดโดยการถ่ายออกจากแนวอ้างอิงทิศเหนือ ซึ่งต้องอาศัยมุม (Angles) มุมทิศ (Bearing) มุมภาคของทิศ (Azimuth) ซึ่งทิศเหนือแบ่งได้ 4 ชนิด ที่ใช้ในแผนที่แผนผัง แบบสำรวจ แบบแปลนต่าง ๆ ดังนี้

1. ทิศเหนือจริง (True North หรือ TN) เป็นทิศเหนือภูมิศาสตร์ หรือเหนือขั้วโลก
2. ทิศเหนือแม่เหล็ก (Magnetic North หรือ MN) เป็นแนวทิศเหนือที่ปลายของเข็มทิศชี้ไปในขณะเข็มทิศอยู่นิ่ง
3. ทิศเหนือกริด (Grid North หรือ GN) เป็นทิศเหนือของแผนที่ตามเส้นแกนตั้งของเส้นกริดในแผนที่ โดยในแผนที่จะมีเส้นรุ้ง(latitude) เป็นเส้นแนวนอน ตัดกับเส้นแวง(longitude) ที่เป็นเส้นแนวตั้ง ทิศเหนือกริดจึงยึดแนวของเส้นแวง
4. ทิศเหนือสมมุติ (Arbitrary North หรือ AN) เป็นทิศเหนือที่สมมุติขึ้นใช้ในการก่อสร้างที่คาดคะเนเอา มักใช้กับงานก่อสร้างที่ไม่ต้องการความละเอียดมากนัก

โดยการใช้เครื่องหมายแสดงทิศสากล แสดงทิศเหนือ-ใต้ มี 3 รูปแบบ

ดังแสดงในภาพที่ 1 แสดงเครื่องหมายแสดงทิศสากล



ภาพที่ 1 แสดงเครื่องหมายแสดงทิศสากล

ที่มา : ปรับปรุงจาก เชาวรินทร์ สุกรินทร์ และเสริมศักดิ์ อินทรภิรมย์. คู่มือปฏิบัติการสำรวจ

ในวงการช่างแผนที่ของประเทศไทย ลักษณะเครื่องหมายแสดงทิศเหนือ-ใต้ สาหรับใช้กับมาตราส่วนขนาดต่างๆในแผนที่มีหลายลักษณะขึ้นอยู่กับแต่ละสถาบันหรือแต่ละหน่วยงาน ซึ่งอาจจะกำหนดลักษณะขึ้นใช้เองได้ แต่ส่วนใหญ่ได้ประยุกต์มาจากแบบสากลทั้งสิ้น ดังตัวอย่างที่แสดงในภาพที่ 2 แสดงลักษณะเครื่องหมายแสดงทิศเหนือ

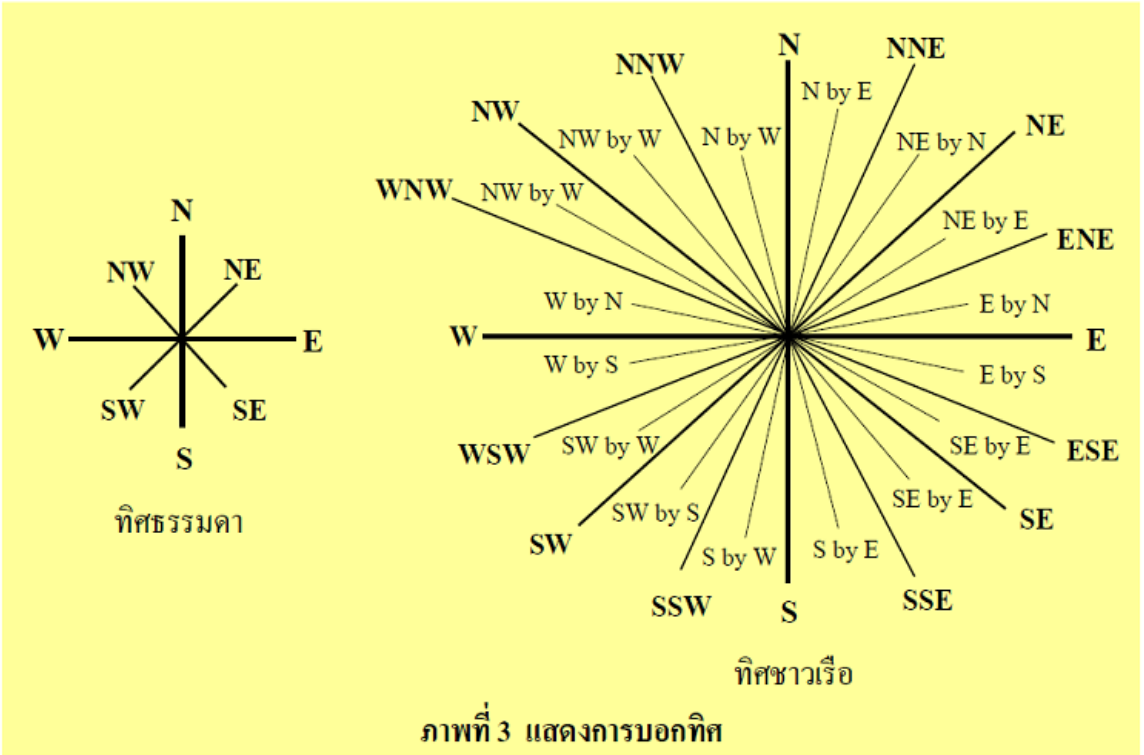
ภาพที่ 2 แสดงลักษณะเครื่องหมายแสดงทิศเหนือ

ที่มา : ปรับปรุงจาก เชาวรินทร์ สุกรินทร์ และเสริมศักดิ์ อินทรภิรมย์. คู่มือปฏิบัติการสำรวจ

2.6.12 การบอกทิศ

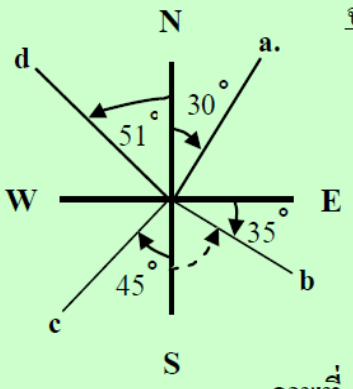
1. ทิศธรรมดา หรือทิศลูกเสือมี 8 ทิศ

2. ทิศชาวเรือ เป็นการแบ่งทิศธรรมดาให้ละเอียดแบ่งย่อยลงอีกได้ 32 ทิศ ซึ่งใช้ในการเดินเรือจึงเรียกว่า “ทิศชาวเรือ” ซึ่งการบอกทิศแบบต่าง ๆ แสดงในภาพที่ 3 แสดงการบอกทิศ



ภาพที่ 3 แสดงการบอกทิศ

3. มุมทิศหรือแบริง (Quadrantal Bearing) เป็นการบอกทิศทางที่ใช้ทิศ N และ S เป็นหลักในการวัดอ้างอิงทั้งแนวตามเข็มและทวนเข็มนาฬิกาโดยยึดแนวทิศเหนือและแนวทิศใต้เป็นหลักค่ามุมภาคทิศจะอยู่ระหว่าง 00˚ ถึง 90˚ เท่านั้น ดังแสดงในภาพที่ 4 แสดงการอ่านมุมทิศ หรือแบริง



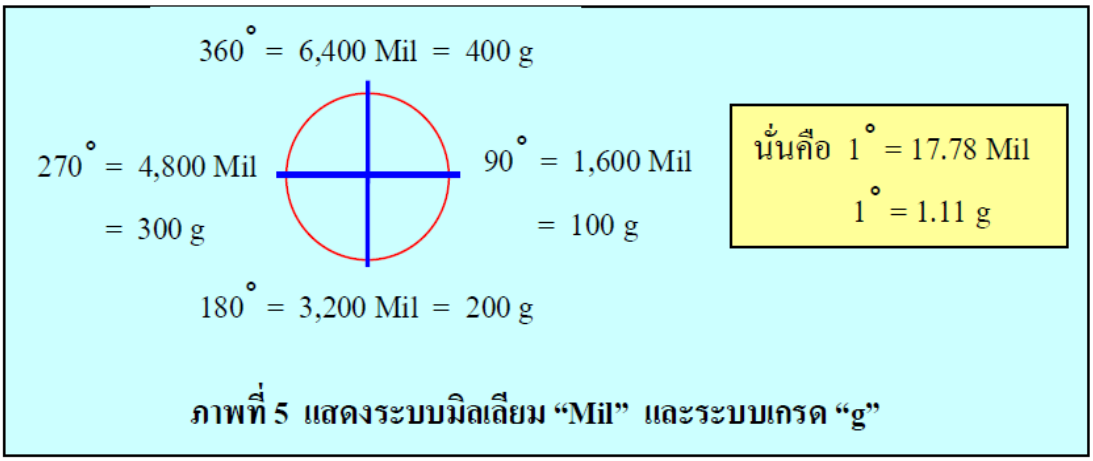
จากรูป จะได้ **a** คือ N 30°E **b** คือ S 55°E
c คือ S 45°W **d** คือ N 51°W

จะเห็นว่า **b** อ่านจาก **E** ได้ 35° ดังนั้นมุมภาคทิศหรือแบริ่งของ **b** ที่วัดอ้างอิงจากทิศใต้ จึงมีค่า 90°−35° = 55° จึงเขียนมุมทิศได้เป็น S 55°E

ภาพที่ 4 แสดงการอ่านมุมทิศ หรือแบริ่ง

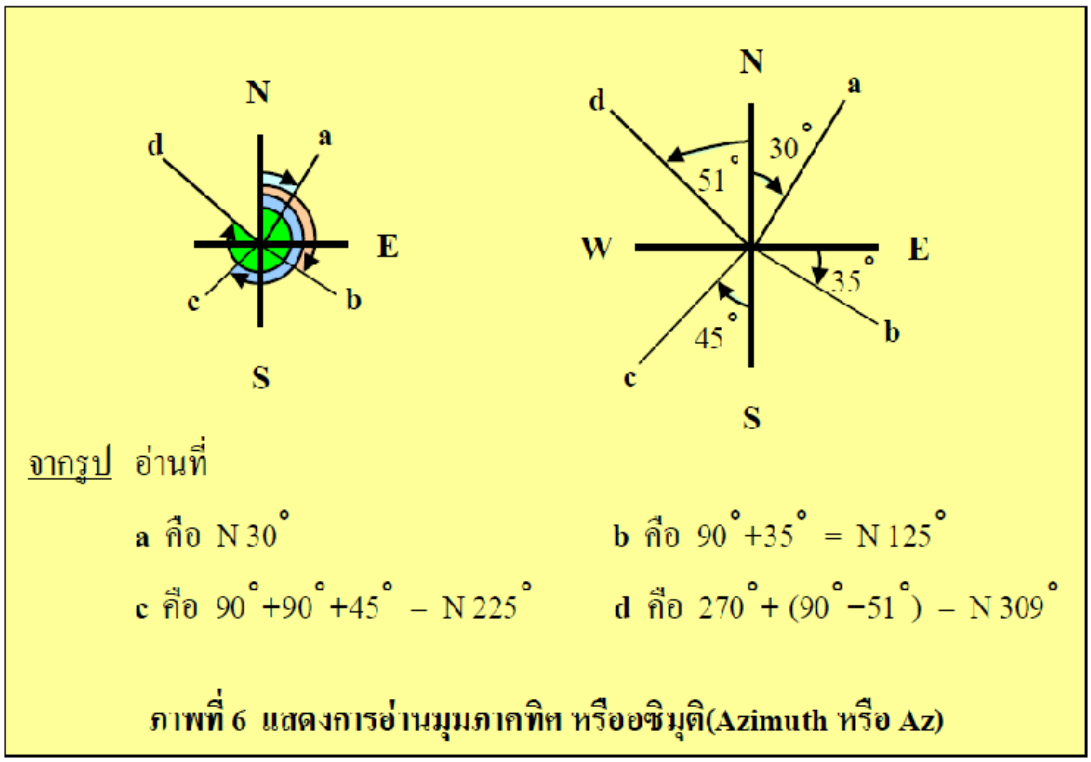
4. ระบบมิล(Mil.) หรือมิลเลียม(Millieme) โดยแบ่งวงกลม 360° ออกเป็นมิลเลียมเพื่อให้ละเอียดขึ้น 360° = 64,000 มิลเลียม ดังแสดงในภาพที่ 5 แสดงระบบมิลเลียม “Mil” และระบบเกรด “g”

5. ระบบเกรด จะแบ่ง 360° ออกเป็น 400 เกรด ใช้สัญลักษณ์ “g” ดังแสดงในภาพที่ 5แสดงระบบมิลเลียม “Mil” และระบบเกรด “g”



ภาพที่ 5 แสดงระบบมิลเลียม “Mil” และระบบเกรด “g”

6. มุมภาคทิศ หรืออาซิมุท (Azimuth = Az) จะแบ่งวงกลมออกเป็น 360° ซึ่งนับเนื่องจากแนวทิศเหนือตลอดเวลาในแนวการหมุนตามเข็มนาฬิกา โดย 1° = 60′ (1 องศา = 60 ลิปดา) และ 1′ = 60″ (1 ลิปดา = 60 พิลิปดา) วิธีการอ่านมุมภาคทิศแสดงดังในภาพที่ 6 แสดงการอ่านมุมภาคทิศ หรืออซิมุติ (Azimuth หรือ Az)

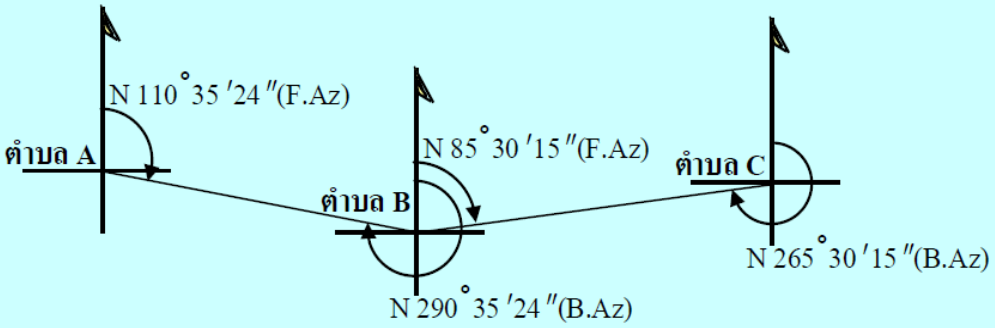


ภาพที่ 6 แสดงการอ่านมุมภาคทิศ หรืออซิมุติ(Azimuth หรือ Az)

ในการบอกอซิมุติ จะบอกได้ ดังนี้

1) Forward Azimuth (F. Az) เป็นการบอกมุมภาคทิศไปข้างหน้า คือค่ามุมในแนวราบที่วัดตามเข็มนาฬิกาจากตำบลที่สังเกตไปยังตำบลที่ถูกสังเกต

2) Backward Azimuth (B. Az) คือค่ามุมในแนวราบที่วัดตามเข็มนาฬิกาจากตำบลที่ถูกสังเกตไปยังตำบลที่สังเกต อันเป็นการบอกมุมภาคทิศกลับ ซึ่งต้องต่างกัน 180° เสมอจึงจะถูกต้อง ซึ่งการอ่านมุมทิศไป– กลับ แสดงในภาพที่ 7 แสดงการอ่านมุมภาคทิศไป (F. Az) และมุมภาคทิศกลับ (B. Az)

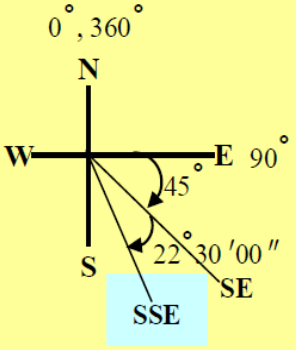


ภาพที่ 7 แสดงการอ่านมุมภาคทิศไป(F. Az) และมุมภาคทิศกลับ (B. Az)

2.6.13 การแปลงทิศ

ทิศสามารถแปลงเป็นทิศและระบบต่างๆ ที่ต้องการได้

ตัวอย่าง การแปลงทิศชาวเรือ “SSE” ให้เป็น Azimuth หรือทิศอื่นๆ ได้ในภาพที่ 8แสดงการแปลงทิศ



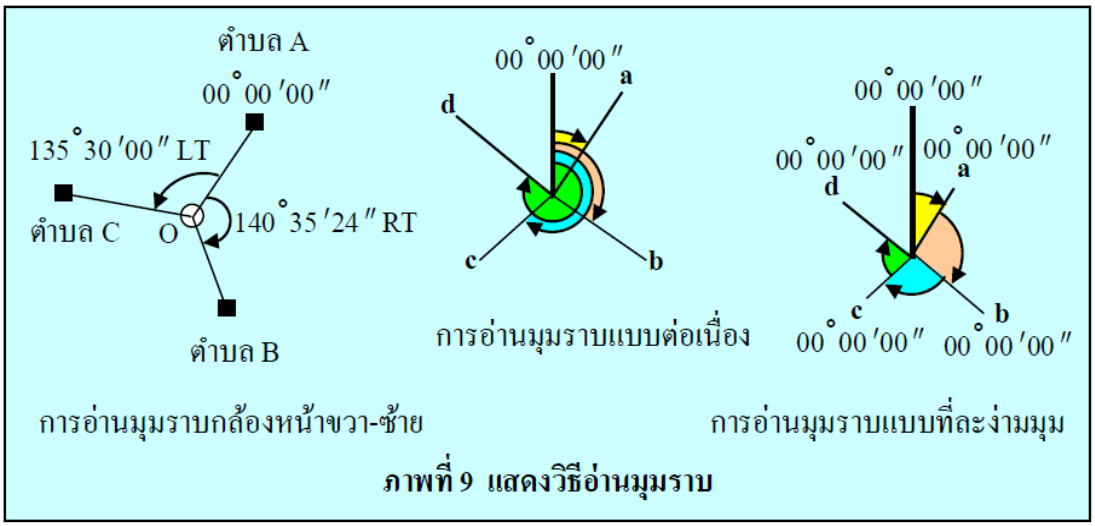
1) SSE เป็น Az ได้ 90°+45°+22°30′ = N 157°30′00″
2) SSE เป็น Bearing ได้ S 22°30′00″E
3) SSE เป็น Mil ได้ 1,600+800+400 = 2,800 Mil
4) SSE เป็น เกรด ได้ 100+50+25 = 175 g
5) SSE เป็น B.Az ได้ 157°30′+180° = N337°30′00″
6) SSE เป็น Bearing กลับ ได้ S 22°30′00″W

ภาพที่ 8 แสดงการแปลงทิศ

2.6.14 การวัดมุมราบและมุมดิ่ง

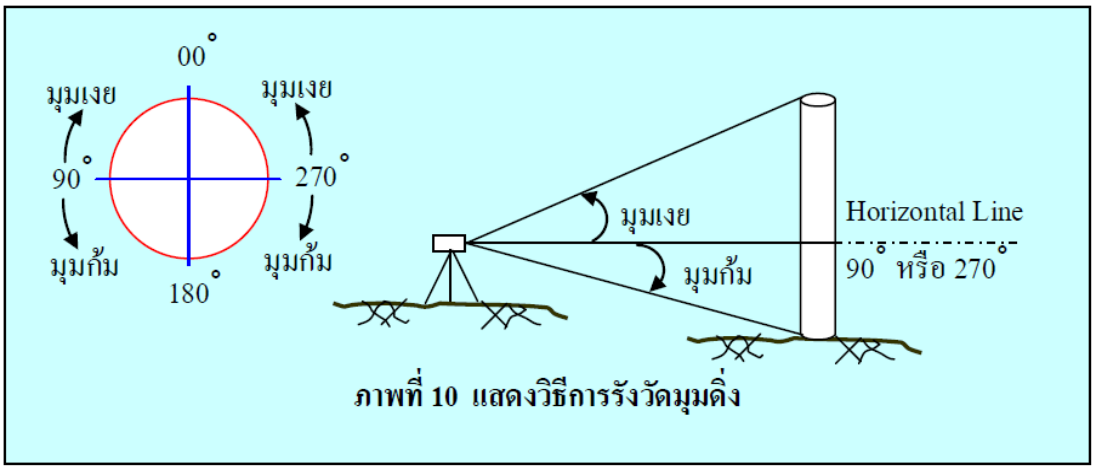
1. การวัดมุมราบ (Horizontal Angle) เป็นมุมระหว่างแขนสองแขนใดๆในแนวราบ หรือในแนวราบที่มีระดับทั้งสองจุดต่างกัน ซึ่งมุมรอบจุดใดๆ จะมีค่าเท่ากับ 360° เสมอ วิธีวัดมุมราบสามารถวัดได้ด้วยการหมุนกล้องตามเข็มนาฬิกา หรือกล้องหน้าขวา (Right turn หรือ RT) และด้วยการหมุนกล้องทวนเข็มนาฬิกา หรือกล้องหน้าซ้าย (Left turn หรือ LT) ส่วนการอ่านค่ามุมสามารถอ่านมุมแบบกำหนด 0°

ณ ตำบลที่กำหนดแล้วอ่านมุมต่อเนื่อง หรืออ่านมุมแบบกำหนด 0° ณ ตำบลที่กำหนดแล้วอ่านทีละง่ามมุมก็ได้ ดังแสดงในภาพที่ 9 แสดงวิธีอ่านมุมราบ



ภาพที่ 9 แสดงวิธีอ่านมุมราบ

2. การวัดมุมดิ่ง (Vertical Angle) เป็นการวัดมุมขึ้น-ลงในแนวดิ่ง มีมุมก้มและมุมเงย มุมดิ่ง คือ มุมที่จุดตั้งกล้องใด ๆ โดยศูนย์กลางกล้องไม่อยู่ในแนวราบ 90°00' 00" หรือ 270°00' 00" (แนวแกนกล้องอยู่ในแนวระดับราบ) ซึ่งถ้าจุดเหล่านั้นอยู่เหนือแนวราบหรือแนวแกนกล้อง (90° หรือ 270°) ค่ามุมดิ่งเหล่านั้นเรียกว่ามุมเงย (Elevated angle) แต่ถ้าจุดเหล่านั้นอยู่ต่ำกว่าแนวราบหรือแนวแกนกล้อง (90° หรือ 270°) ค่ามุมดิ่งเหล่านั้นเรียกว่ามุมก้ม (Depressed angle) ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการส่องกล้องไปยังจุดใด ๆ เพียงจุดเดียวสามารถบอกค่ามุมดิ่งกับแนวราบของแกนกล้อง ณ จุดนั้นได้เลย แต่การรังวัดมุมราบจะเกิดเป็นมุมได้จะต้องส่องกล้องไปยังจุดตั้งแต่สองจุดขึ้นไป ซึ่งการรังวัดมุมดิ่ง แสดงในภาพที่ 10 แสดงวิธีการรังวัดมุมดิ่ง



ภาพที่ 10 แสดงวิธีการรังวัดมุมดิ่ง

3. การบวก หรือลบมุม เป็นการบวก หรือลบองศา ลิปดา และพิลิปดา โดยบวกค่าพิลิปดาก่อน ถ้าถึง 60 จะเป็น 1 ลิปดา แล้วบวกลิปดา ถ้าถึง 60 จะเป็นค่าองศา แล้วจึงบวกค่าองศาส่วนการลบมุมให้ลบพิลิปดา ลิปดา และองศาตามลาดับ

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการ

โครงงานทางวิศวกรรมฉบับนี้เป็นทางศึกษาระบบระบายน้ำในแปลงทดลองของภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน เป็นการศึกษาระบบระบายน้ำที่มีอยู่เดิม วิเคราะห์ผลทางด้านวิศวกรรม และด้านเศรษฐศาสตร์

3.1 อุปกรณ์

การรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ผลข้อมูลในพื้นที่โครงการที่ศึกษาทั้งทางด้านวิศวกรรมและ ด้านเศรษฐศาสตร์ ต้องอาศัยอุปกรณ์ดังต่อไปนี้

- กล้องสำรวจ EDM
- กล้องระดับ
- เทปวัดระยะ
- ไม้ Staff
- ปริซึม
- ถังอุปกรณ์
- ขาตั้งกล้อง

3.2 วิธีการ

-เลือกพื้นที่ศึกษา

หาข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับการระบายน้ำโดยได้เลือกพื้นที่แปลงทดลองของภาควิชาวิศวกรรมชลประทานมีพื้นที่ประมาณ 90 ไร่ ตั้งอยู่ในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

รูปที่ 3.1 พื้นที่เพาะปลูกแปลงทดลองของภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน ม.เกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

-วิธีการรวบรวมข้อมูล

ทำการศึกษาค้นคว้าแล้วรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับระบบระบายน้ำ จากเอกสารห้องสมุดและจากอาจารย์ในภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน ข้อมูลด้านอุทกวิทยาจากกรมอุตุนิยมวิทยาจังหวัดนครปฐม ข้อมูลตั้งแต่ปี 2543-2553 แบบคลองระบายน้ำที่ทำการศึกษาเพื่อนำมาศึกษาคูระบายน้ำ เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบกับระบบชลประทานในไร่นาที่ทำการสำรวจ หาความสามารถในการใช้ประโยชน์ในการระบายน้ำและทำการสำรวจตรวจสอบระบบระบายน้ำในปัจจุบัน ข้อมูลที่มีการเก็บรวบรวมได้แก่ การสำรวจสภาพพื้นที่ในแปลงทดลอง สภาพคูระบายน้ำ ถ่ายภาพการใช้งานระบบระบายน้ำและปัญหาที่เกิดขึ้นในพื้นที่ เพื่อวิเคราะห์ทางด้านวิศวกรรมคืออัตราการระบายน้ำและปัญหาที่เกี่ยวกับการระบายน้ำทางด้านเศรษฐศาสตร์คือความคุ้มทุนเกี่ยวกับการระบายน้ำ

3.3 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ศึกษาสำรวจพื้นที่ โดยทำการสำรวจความลาดชันของพื้นที่ ความชันของคูระบายน้ำ รวมทั้งพิจารณาหาระยะทางของคูระบายน้ำ และขนาดของพื้นที่เพาะปลูก

2.ทำการคำนวณปริมาณน้ำหลาก โดยใช้สูตร Rational's Formula ดังนี้

$$Q = CIA$$

เมื่อ Q = ปริมาณน้ำหลาก (ม.^{3}/วินาที)

C = สัมประสิทธิ์แสดงอัตราส่วนระหว่างน้ำท่า และน้ำฝน(Coefficient of Runoff) ซึ่งขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศ

I = ความแรงของฝน (Rainfall Intensity) (ม./ชม.) (ภาคผนวกที่ 1)

A = พื้นที่ระบายน้ำ (Catchment Area) (ม.^{2})

3.ทำการหาอัตราการการระบายที่สามารถระบายได้ โดยพิจารณาจากขนาดของคูระบายน้ำ โดยใช้สูตร Manning's Formula ดังนี้

$$Q_{design} = AV$$

เมื่อ Q_{design} = ปริมาณน้ำเพื่อการออกแบบ (ม.^{3}/วินาที)

A = พื้นที่หน้าตัดของน้ำที่ไหลในคลองระบาย (ม.^{2})

V = ความเร็วของน้ำในคลองระบาย (ม./วินาที)

V จะหาได้จากสูตร Manning's Formula ดังนี้

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

เมื่อ V = ความเร็วของน้ำในคลองระบาย (ม./วินาที)

n = Manning's Roughness Coefficient

= 0.030 - 0.035

R = รัศมีชลศาสตร์ (Hydraulic Radius) = A/P (ม.)

A = พื้นที่หน้าตัดของน้ำที่ไหลในคลองระบาย (ม.^{2})

P = ความยาวของเส้นขอบเปียก (Wetted Perimeter) (ม.)

S = ความลาดของ Energy Gradient

4.ทำการเปรียบเทียบระหว่างปริมาณน้ำหลากกับอัตราการระบายที่คูระบายน้ำสามารถรองรับได้จากข้อ 2 และข้อ 3

5.ทำการศึกษาเรื่องการกัดเซาะและการตกตะกอนของคูระบายน้ำในแปลงทดลองของภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน

บทที่ 4

ผลและการวิเคราะห์

งานระบายน้ำเพื่อการเกษตรในเขตแปลงทดลองของภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดนครปฐม ปี 2553 มีพื้นที่ประมาณ 90 ไร่ พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นที่ลุ่มตรงกลาง ๆ ส่วนริมๆจะเป็นเนินสูงกว่าตรงกลาง มีลักษณะดินเป็นดินเหนียวปนดินทราย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลของงานระบายน้ำเพื่อการเกษตรกรรม จากการรวบรวมข้อมูลการสำรวจสภาพพื้นที่โครงการ การหาปริมาณน้ำฝนสูงสุดจากข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยาจังหวัดนครปฐม สามารถสรุปได้ดังนี้

ผลการวิเคราะห์ทางด้านวิศวกรรม

ความสามารถการระบายน้ำของคูระบายน้ำในแปลงทดลองของภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน

-คูระบายน้ำสายที่ 1 เป็นคูดาดคอนกรีตมีขนาดกว้างก้นคลอง 0.60 m. ความกว้างปากคลอง 1.20 m. มีความยาวของคูเท่ากับ 173 m. มีความชันก้นคลองเท่ากับ 1:20000 สามารถระบายน้ำได้ 418 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

-คูระบายน้ำสายที่ 2 เป็นคูดาดคอนกรีตมีขนาดกว้างก้นคลอง 0.60 m. ความกว้างปากคลอง 1.20 m. มีความยาวของคูเท่ากับ 100 m. มีความชันก้นคลองเท่ากับ 1:20000 สามารถระบายน้ำได้ 418 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

-คูระบายน้ำสายที่ 3 เป็นคูดาดคอนกรีตมีขนาดกว้างก้นคลอง 0.60 m. ความกว้างปากคลอง 1.2 m. มีความยาวของคูเท่ากับ 173 m. มีความชันก้นคลองเท่ากับ 1:20000 สามารถระบายน้ำได้ 418 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

-คูระบายน้ำสายที่ 4 เป็นคูดินมีขนาดกว้างก้นคลอง 2 m. ความกว้างปากคลอง 4 m. มีความยาวของคูเท่ากับ 178 m. มีความชันก้นคลองเท่ากับ 1:15000 สามารถระบายน้ำได้ 3809.2215 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

-คูระบายน้ำสายที่ 5 เป็นคูดินมีขนาดกว้างก้นคลอง 2 m. ความกว้างปากคลอง 4 m. มีความยาวของคูเท่ากับ 235 m. มีความชันก้นคลองเท่ากับ 1:20000 สามารถระบายน้ำได้ 3299 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

-คูระบายน้ำสายที่ 6 เป็นคูดินมีขนาดกว้างก้นคลอง 2 m. ความกว้างปากคลอง 4 m. มีความยาวของคูเท่ากับ 24 m. มีความชันก้นคลองเท่ากับ 1:20000 สามารถระบายน้ำ736ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

-คูระบายน้ำสายที่ 7 เป็นคูดินมีขนาดกว้างก้นคลอง 2m. ความกว้างปากคลอง 4 m. มีความยาวของคูเท่ากับ 260 m. มีความชันก้นคลองเท่ากับ 1:15000 สามารถระบายน้ำได้ 3299 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

เนื่องด้วยในแปลงทดลองของภาควิชาวิศวกรรมชลประทานมีการระบายที่มีลักษณะที่มีบ่อพักน้ำแล้วสูบน้ำออก ด้วยเครื่องสูบน้ำเดินเครื่องด้วยระบบไฟฟ้ามีขนาดของเครื่องสูบน้ำเท่ากับ 25 แรงม้า ซึ่งการคำนวณจะใช้ค่าสัมประสิทธิ์ของเครื่องสูบน้ำที่ 40% จะได้อัตราการสูบน้ำในแปลงทดลองของภาควิชาวิศวกรรมชลประทานเท่ากับประมาณ 780 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

ปริมาณน้ำที่ต้องการระบายน้ำออกจากแปลงทดลองของภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน ดูจากภาคผนวกที่ 6

-คูระบายน้ำสายที่ 1 รับน้ำจากไร่อ้อย1 และสวนมะม่วง จะมีปริมาณน้ำที่ต้องระบายออก 31 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

-คูระบายน้ำสายที่ 2 รับน้ำจากนาข้าวที่1และ2 และรับน้ำจากคูระบายน้ำสายที่ 1 จะมีปริมาณน้ำที่ต้องระบายออก 43 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

-คูระบายน้ำสายที่ 3 รับน้ำจากไร่อ้อย2 จะมีปริมาณน้ำที่ต้องระบายออก 9 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

-คูระบายน้ำสายที่ 4 รับน้ำจากไร่อ้อย3 พื้นที่ว่าง1และรับน้ำจากคูระบายน้ำสายที่1,2 และ3 จะมีปริมาณน้ำที่ต้องระบายออก 125 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

-คูระบายน้ำสายที่ 5 รับน้ำจากพื้นที่ว่าง2 และไร่อ้อย4 และรับน้ำจากคูระบายน้ำสายที่1,2,3 และ 4 จะมี ปริมาณน้ำที่ต้องระบายออก 132 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

-คูระบายน้ำสายที่ 6 รับน้ำจากไร่อ้อย5และไร่อ้อย6 จะมีปริมาณน้ำที่ต้องระบายออก 10 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

-คูระบายน้ำสายที่ 7 รับน้ำจากไร่อ้อย7 นาข้าว 6,7 และ 8 และคูระบายน้ำสายที่ 6 จะมีปริมาณน้ำที่ต้องระบายออก 43 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

ปริมาณน้ำที่ต้องระบายออกสูงสุดในแปลงทดลองของภาควิชาวิศวกรรมชลประทานรวมทั้งหมดก็จะรับน้ำจากคูระบายน้ำสายที่ 7 นาข้าว 3,4 และ5 และคูน้ำสายที่ 5 โดยประมาณ 177 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

ตารางที่ 4.1 แสดงการคำนวณปริมาณน้ำที่สามารถรองรับได้จากพื้นที่การศึกษา

คูน้ำหมายเลข	b	y	Z	A	P	n	R	s	Q (m^3/s)	Q (m^3/h)
1	0.6	0.6	0.5	0.54	1.94	0.014	0.278	1:20000	0.116207	418.34682
2	0.6	0.6	0.5	0.54	1.94	0.014	0.278	1:20000	0.116207	418.34682
3	0.6	0.6	0.5	0.54	1.94	0.014	0.278	1:20000	0.116207	418.34682
4	2	1.5	0.667	4.5	5.61	0.03	0.803	1:15000	1.058117	3809.2215
5	2	1.5	0.667	4.5	5.61	0.03	0.803	1:20000	0.916356	3298.8826
6	2	0.5	2	1.5	4.24	0.03	0.354	1:15000	0.204335	735.60686
7	2	1.5	0.667	4.5	5.61	0.03	0.803	1:20000	0.916356	3298.8826

ตารางที่ 4.2 แสดงการคำนวณปริมาณน้ำที่ต้องระบายออกจากพื้นที่การศึกษา

แปลง	A (m^2)	C	I (m/h)	Q (m^3/h)	ดูระบายน้ำหมายเลข	Q (m^3/h)
สวนมะม่วง	3200	0.1	0.005179	1.657333	1	31.02321
ไร่อ้อย1	18900	0.3	0.005179	29.36588		
นาข้าว1	5500	0.3	0.005179	8.545625	2	42.8835
นาข้าว2	5500	0.1	0.005179	2.848542		
ไร่อ้อย2	5800	0.3	0.005179	9.01175	3	9.01175
ไร่อ้อย3	22510	0.3	0.005179	34.97491	4	124.6781
พื้นที่ว่าง1	13100	0.1	0.005179	6.784708		
พื้นที่ว่าง2	4200	0.1	0.005179	2.17525	5	131.6316
พื้นที่ว่าง3	3562	0.1	0.005179	1.844819		
ไร่อ้อย4	3288	0.3	0.005179	5.10873		
ไร่อ้อย5	11000	0.3	0.005179	17.09125	6	10.0683
ไร่อ้อย6	6480	0.3	0.005179	10.0683	7	43.21652
ไร่อ้อย7	7500	0.3	0.005179	11.65313		
นาข้าว3	1770	0.1	0.005179	0.916713		
นาข้าว4	1610	0.1	0.005179	0.833846		
นาข้าว5	1380	0.1	0.005179	0.714725		
นาข้าว6	3173	0.1	0.005179	1.64335		
นาข้าว7	2870	0.1	0.005179	1.486421		
นาข้าว8	2460	0.1	0.005179	1.274075		
สนามฟุตบอล	2690	0.1	0.005179	1.393196		
รวมปริมาณที่ต้องระบายออกทั้งพื้นที่						177.3134

หมายเหตุ : ค่า C มาจากตารางที่ 2.2

ตารางที่ 4.3 แสดงการคำนวณที่สามารอัตราความเร็วของคูระบายน้ำจากพื้นที่การศึกษา

คูน้ำหมายเลข	n	R	s	V (m/s)
1	0.014	0.278115	1:20000	0.215199
2	0.014	0.278115	1:20000	0.215199
3	0.014	0.278115	1:20000	0.215199
4	0.03	0.80283	1:15000	0.235098
5	0.03	0.80283	1:20000	0.203601
6	0.03	0.354102	1:15000	0.136223
7	0.03	0.80283	1:20000	0.203601

หมายเหตุ : ค่า n มาจากภาคผนวกที่ 5

ค่า R,s และ V ได้จากการคำนวณ

จากการศึกษาทางด้านการกัดเซาะและการตกตะกอนบริเวณคูระบายน้ำ ผลการศึกษาที่ได้ปรากฏตามตารางที่ 4.3 ได้ความเร็วอยู่ในช่วง 0 – 1 เมตรต่อวินาที ซึ่งความไหลในช่วงนี้ทำให้เกิดการตกตะกอน

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

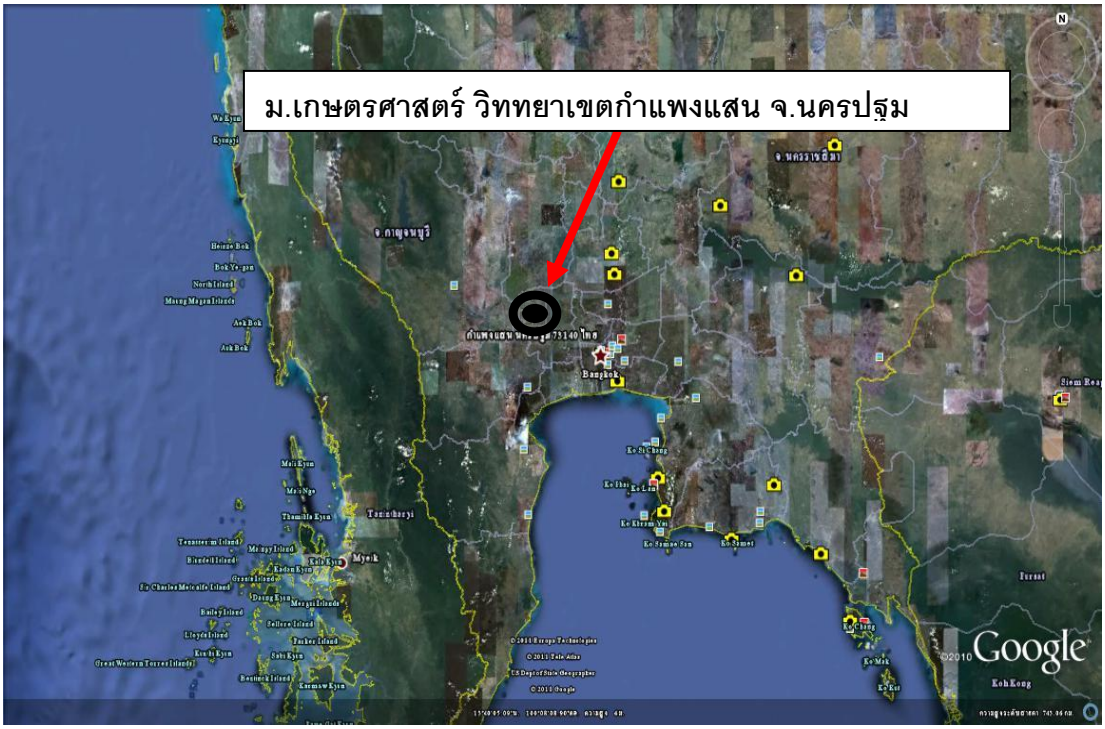
การศึกษาการระบายน้ำของแปลงทดลองของภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม โดยวิเคราะห์ทางด้านวิศวกรรม พิจารณาระบบการระบายน้ำที่มีในแปลงทดลองของภาควิชาวิศวกรรมชลประทานเดิม สามารถสรุปได้ดังนี้

แปลงทดลองของภาควิชาวิศวกรรมชลประทานมีพื้นที่โดยประมาณ 90 ไร่ ระบบระบายน้ำจะเป็นการระบายน้ำแบบผิวดิน มีการระบายน้ำแบบใช้คลองดาดคอนกรีตและคลองดิน ซึ่งปริมาณน้ำฝนสูงสุดในรอบ 10 ที่มาจะทำให้เกิดประมาณน้ำที่ต้องระบายออกจากพื้นที่อย่างน้อย 294.637 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง จากการเปรียบเทียบกับขนาดของคูระบายน้ำสามารถระบายน้ำได้มากกว่าปริมาณที่ต้องการระบายออก และระบบระบายน้ำมีการสูบน้ำออกจากพื้นที่ด้วยเครื่องสูบน้ำขนาด 25 แรงม้า ใช้ระบบไฟฟ้ามีการสูบออกด้วยอัตรา 780 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงเข้ามาช่วย ซึ่งสามารถระบายน้ำในแปลงทดลองได้อย่างเพียงพอและไม่ทำให้เกิดน้ำท่วมขังเป็นเวลานานและไม่ส่งผลกระทบต่อผลผลิตทางด้านการเกษตร แต่ปัจจุบันนั้นทั้งคลองดาดคอนกรีตและคลองดินมีวัชพืชขึ้นปกคลุมมาก และมีการตะกอนเนื่องจากความเร็วในการไหลน้อยมากจึงทำให้มีการตกตะกอนในคลองมากทำให้การระบายน้ำมีประสิทธิภาพลดน้อยลงทำให้เกิดน้ำท่วมขังในแปลงทดลองฯ และส่งผลกระทบต่อผลผลิตทางการเกษตร

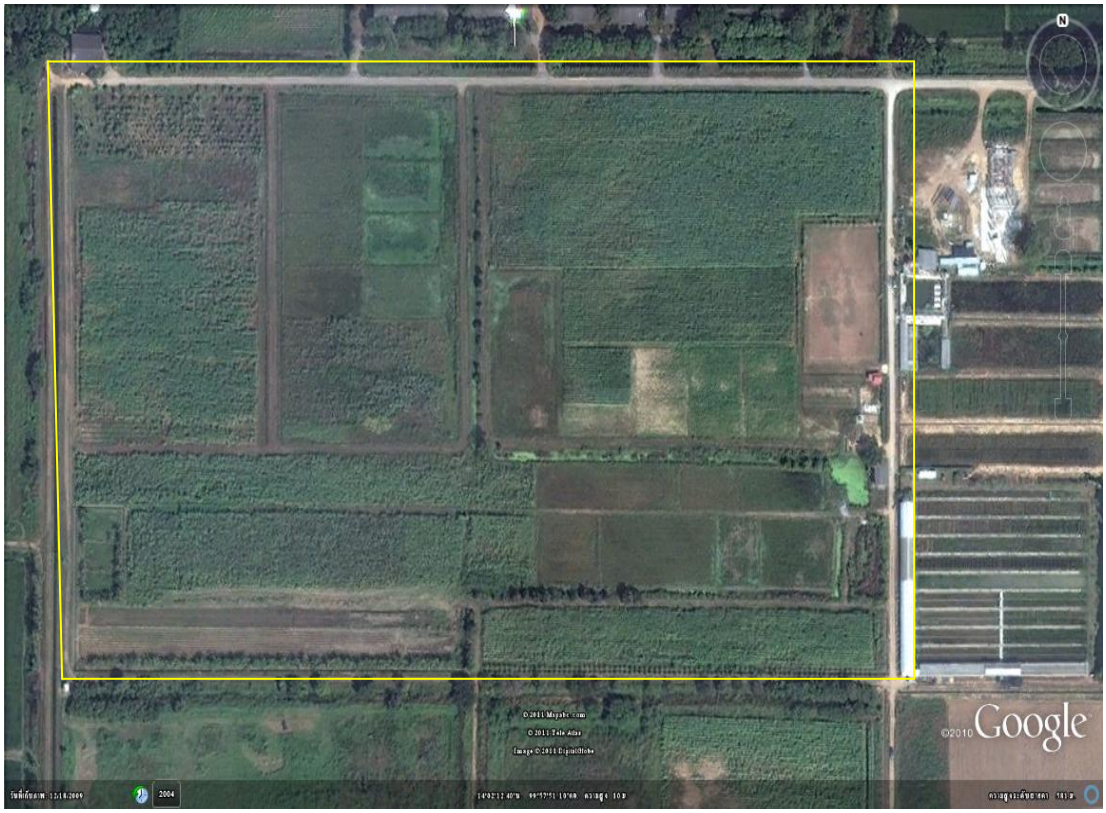
5.2 ข้อเสนอแนะ

ในการระบายน้ำในแปลงทดลองฯนั้นถ้าเปรียบเทียบระหว่างปริมาณน้ำที่ต้องระบายออกกับขนาดคูระบายน้ำที่รองรับปริมาณน้ำนั้น ปริมาณน้ำที่ต้องระบายออกน้อยกว่าทำให้ไม่เกิดน้ำท่วมขังในแปลงทดลองฯ แต่ในปัจจุบันเกิดภาวะน้ำท่วมขังทุกครั้งเมื่อมีฝนตก ซึ่งเป็นเพราะว่าคลองดาดคอนกรีตและคลองดินมีวัชพืชขึ้นปกคลุมมาก และมีการตะกอนในคลองมากทำให้การระบายน้ำมีประสิทธิภาพลดน้อยลงทำให้เกิดน้ำท่วมขังในแปลงทดลองฯ และฝนตกลงมาในเวลากลางคืน แต่การสูบน้ำสูบออกในช่วงเวลากลางวันทำให้เกิดน้ำท่วมขังได้ แนวทางแก้ไขปัญหาเบื้องต้นควรมีการขุดลอกคูระบายน้ำและกำจัดวัชพืชออกจากคูระบายน้ำ และควรมีการสูบน้ำออกในเวลากลางคืนในช่วงที่ฝนตกมากๆ และยังรวมไปถึงการขุดลอกคูระบายน้ำเพิ่มโดยให้มีการขุดเป็นคูระบายน้ำทั้งหมดลงสู่คูระบายข้างมหาวิทยาลัย ซึ่งเป็นการช่วยลดค่าไฟฟ้าในการสูบน้ำออกจากพื้นที่และทำให้น้ำมีการระบายอยู่ตลอดเวลา ซึ่งจะช่วยทำไม่ให้น้ำท่วมขังเมื่อฝนตกเวลากลางคืน

ภาคผนวก



บริเวณพื้นที่โครงงาน ม.เกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม



บริเวณพื้นที่เพาะปลูกแปลงทดลองของภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน ม.เกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

ภาพถ่ายแปลงเพาะปลูก

พื้นที่ว่าง

ไร่มันสำประหลัง

พื้นที่ว่างเปล่าและอ้อย

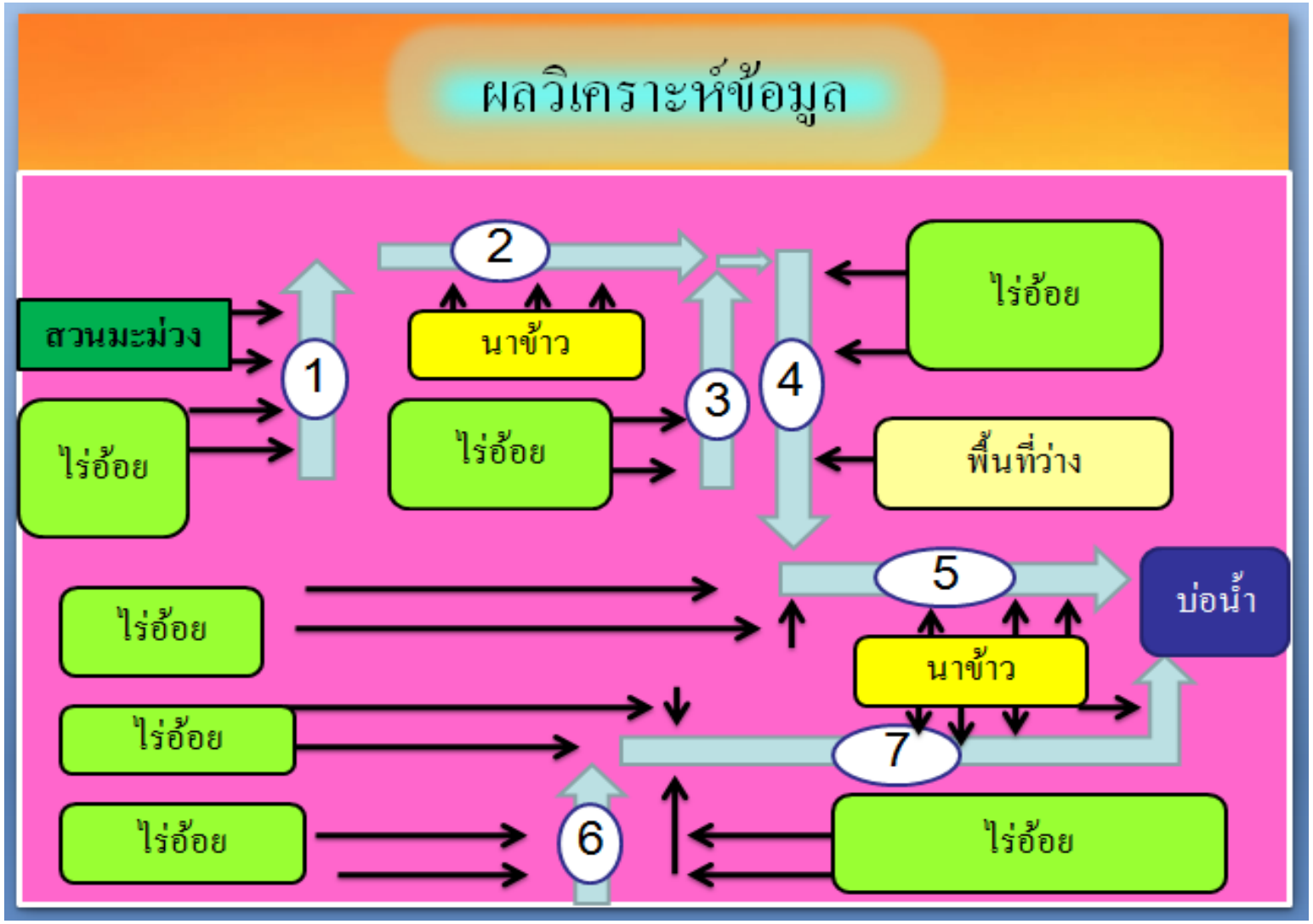
พื้นที่นาข้าวและแปลงอ้อย

แปลงอ้อย

<u>ภาพถ่ายคลองส่งน้ำในแปลงทดลองของภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน</u>

ภาพถ่ายคูระบายน้ำในแปลงทดลองของภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน

ภาพการทำงานเก็บรายละเอียดต่าง ๆภายในแปลงฯ


ผลวิเคราะห์ข้อมูล
สวนมะม่วง
ไร่อ้อย
1
2
นาข้าว
ไร่อ้อย
3
4
ไร่อ้อย
พื้นที่ว่าง
ไร่อ้อย
ไร่อ้อย
ไร่อ้อย
5
นาข้าว
7
บ่อน้ำ
6
ไร่อ้อย

AGROMETEOROLOGICAL DATA FOR 2000 - 2010

NAKHONPATHOM METEOROLOGICAL STATION

ภาคผนวกที่ 1 ปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน

ปี	ปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน (mm)											
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
2000	5.8	0	13.8	20	47.1	32.2	54	26	74.3	76.7	58.4	0
2001	0	0	118.2	28.9	30.9	6.7	26.7	55.2	38.5	36.4	17.5	0
2002	0	0	37.5	14.3	16.6	38.2	23.9	36.6	57.5	52.7	53.7	56.6
2003	0	0	52.1	0.8	46.3	47.8	27.8	20.9	90.2	23.1	0	0
2004	18.6	44.4	0	1	50.2	11.1	25.8	23.5	27.9	31.2	2.8	0
2005	4.6	12.2	94.4	2.7	36.8	14.5	21.6	5.9	124.3	49.7	23.1	7.1
2006	2.6	9.3	20.3	26.1	66.4	36.4	19.4	22.2	66.3	38.4	3.4	5.5
2007	4.6	0	16.9	79	51.1	46.2	25.7	59.9	30.5	95.6	6.8	0
2008	0	20.9	0.7	15.6	31.7	49.3	22.8	30.1	32	47.2	5.4	0
2009	0	0	12.5	30.1	71.1	12	36	46.3	59.5	73.6	2	0
2010	3.5	0	21	14.1	22.4	63.7	31.1	40.1	82.9	62.8	-	-

ที่มา:กรมอุตุนิยมวิทยา จังหวัดนครปฐม

ภาคผนวกที่ 2 ตารางแสดงข้อมูลระดับ

ตำแหน่ง	ระดับ B				ระดับ F				ความสูงกล้อง	ระดับจริง (มทก.)
KU1	บน	กลาง	ล่าง	เฉลี่ย	บน	กลาง	ล่าง	เฉลี่ย	(m)	7.177
1	2.243	1.996	1.748	1.9955	1.923	1.516	1.108	1.5155	1.52	7.657
2	1.792	1.505	1.2	1.496	1.842	1.534	1.23	1.536	1.53	7.617
3	1.903	1.51	1.112	1.5075	1.91	1.51	1.11	1.51	1.525	7.6145
4	1.895	1.485	1.085	1.49	1.875	1.46	1.06	1.4675	1.4675	7.637
5	1.708	1.528	1.348	1.528	1.523	1.52	1.11	1.3165	1.51	7.8485
6	1.711	1.501	1.292	1.5015	1.868	1.495	1.123	1.4955	1.55	7.8545
7	1.664	1.505	1.35	1.507	1.88	1.465	1.001	1.4405	1.5	7.921
8	1.733	1.532	1.335	1.534	1.922	1.506	1.088	1.505	1.54	7.95
9	1.738	1.513	1.288	1.513	1.898	1.418	1.038	1.468	1.53	7.995
10	1.79	1.578	1.362	1.576	2.123	1.718	1.306	1.7145	1.54	7.8565
11	1.76	1.562	1.365	1.5625	1.958	1.57	1.187	1.5725	1.53	7.8465
12	1.65	1.448	1.248	1.449	1.84	1.45	1.054	1.447	1.515	7.8485
13	1.72	1.523	1.327	1.5235	1.94	1.547	1.152	1.546	1.54	7.826
14	1.732	1.538	1.34	1.536	2.008	1.629	1.248	1.628	1.55	7.734
15	1.671	1.348	1.02	1.3455	1.942	1.538	1.13	1.536	1.55	7.5435
16	2.189	1.785	1.38	1.7845	1.701	1.292	0.886	1.2935	1.525	8.0345
17	1.963	1.76	1.556	1.7595	1.642	1.247	0.87	1.256	1.54	8.538
18	1.849	1.63	1.41	1.6295	1.507	1.27	1.04	1.2735	1.5	8.894
19_1	1.562	1.143	0.9	1.231	2.5	2.122	1.754	2.127	1.5	7.998

ที่มา:จากการคำนวณ

ภาคผนวกที่ 3 ตารางแสดงข้อมูลระดับ (ต่อ)

ตำแหน่ง	ระดับ			เฉลี่ย	ระดับจริง (มทก.)
	บน	กลาง	ล่าง		
19_1	1.562	1.143	0.9	1.231	7.998
2	2.5	2.122	1.754	2.127	7.102
3	2.745	2.314	1.886	2.3155	6.9135
4	1.828	1.45	1.272	1.55	7.679
5	1.99	1.629	1.247	1.6185	7.6105
6	2.125	1.691	1.255	1.69	7.539
7	2.248	1.922	1.59	1.919	7.31
8	1.968	1.712	1.467	1.7175	7.5115
9	1.804	1.548	1.291	1.5475	7.6815
10	1.712	1.548	1.457	1.5845	7.6445
11	1.908	1.798	1.687	1.7975	7.4315
12	2.098	1.875	1.65	1.874	7.355
13	1.712	1.595	1.478	1.595	7.634
14	1.645	1.498	1.35	1.4975	7.7315
15	1.783	1.515	1.25	1.5165	7.7125
16	1.622	1.347	1.075	1.3485	7.8805
17	1.578	1.426	1.273	1.4255	7.8035
18	1.533	1.432	1.328	1.4305	7.7985
19	2.55	1.69	0.83	1.69	7.539
20	_	2.351	_	0	9.229

ที่มา:จากการคำนวณ

ภาคผนวกที่ 4 ตารางแสดงข้อมูลระดับ(ต่อ)

ตำแหน่ง	ระดับ			เฉลี่ย	ระดับจริง
	บน	กลาง	ล่าง		
20	_	2.351	_	0	9.229
21	_	2.018	_	0	9.229
22	2.697	2.025	1.363	2.03	7.199
23	_	2.039	_	0	9.229
24	2.483	2.016	1.545	2.014	7.215
25	2.382	2.035	1.692	2.037	7.192
26	2.246	2.043	1.845	2.0455	7.1835
27	1.482	1.291	_	0	0
28	1.494	_	_	0	0
29	_	2.328	_	0	9.229
30	2.203	2.168	2.134	2.1685	7.0605
31	1.57	1.537	1.503	1.5365	7.6925
32	2.261	2.128	1.997	2.129	7.1
33	1.64	1.482	1.328	1.484	7.745
34	2.309	2.137	1.966	2.1375	7.0915
35	2.445	2.141	1.738	2.0915	7.1375
36	2.36	1.985	_	0	0
37	2.472	1.952	1.432	1.952	7.277
38	1.848	1.308	0.766	1.307	7.922

ที่มา:จากการคำนวณ

<u>หลักการประเมินค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ (n)</u>

จากการวิจัยพบว่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการและปัจจัยเหล่านี้ยังมีความสัมพันธ์เกี่ยวเนื่องกันอีกด้วย ซึ่งปัจจัยต่างๆ มีดังต่อไปนี้

1. ความขรุขระของผิวหน้าทางน้ำ ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดและรูปร่างของวัสดุที่นำมาใช้สร้างผิวหน้าทางน้ำ โดยวัสดุที่มีเม็ดละเอียดก็จะให้ค่า n ต่ำ และวัสดุที่มีเม็ดหยาบก็จะให้ค่า n สูง ความขรุขระของผิวหน้าทางน้ำเป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดค่า n

2. พืชที่ขึ้นปกคลุมทางน้ำ เช่น หญ้า ซึ่งจะมีผลทำให้เกิดการต้านการไหลและจะลดอัตราการไหล ผลของพืชที่ขึ้นปกคลุมจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ ความสูง ความหนาแน่น การกระจายและชนิดของพืช

3. ความไม่สม่ำเสมอของทางน้ำ ในทางน้ำธรรมชาติความไม่สม่ำเสมอของทางน้ำจะเกิดขึ้นจากหาดทราย หลุมและบ่อในท้องคลอง เป็นต้น จากการวิจัยพบว่า ถ้าทางน้ำนั้นค่อยๆ เปลี่ยนแปลงทีละน้อยอย่างสม่ำเสมอไม่ว่าการเปลี่ยนแปลงนั้นจะเป็นการเปลี่ยนแปลงขนาดรูปร่างหรือหน้าตัดการไหล จะไม่มีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงค่า n มากนัก แต่ถ้าการเปลี่ยนแปลงนั้นเป็นการเปลี่ยนอย่างฉับพลันก็จะมีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงค่า n อย่างมาก

4. แนวทางน้ำ ทางน้ำที่มีรัศมีส่วนโค้งของแนวทางน้ำมากและส่วนโค้งนั้น ราบเรียบจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า n น้อยมาก แต่ถ้าทางน้ำนั้นมีรัศมีส่วนโค่งของแนวทางน้ำน้อยหรือเป็นโค้งหักข้อศอกและโค้งกลับไปกลับมา จะทำให้ค่า n มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมาก ซึ่งบางครั้งอาจจะเพิ่มค่า n ได้ถึง 30% นาย สโคบี (Scobey) ได้ทำการทดลองในรางน้ำ (flume) พบว่า n จะมีค่าเพิ่มขึ้น 0.001 ถ้ารางน้ำเบี่ยงเบนไปเป็นมุม 20 องศา
และความยาวของรางน้ำ 30 เมตร

5. การกัดเซาะและการตกตะกอน จากการทดลองพบว่า การตกตะกอนจะทำให้ทางน้ำที่ไม่สม่ำเสมอเปลี่ยนมาเสมอต้นเสมอปลายและค่า n จะลดลงในทางตรงกันข้าม ถ้าเกิดการกัดเซาะก็จะทำให้ทางน้ำไม่สม่ำเสมอและค่าของ n จะเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม การตกตะกอนจะขึ้นอยู่กับขนาดและชนิดของวัสดุที่ปะปนกับน้ำและทำให้ลักษณะการตกตะกอนแตกต่างกัน เช่น การตะกอนทำให้เกิดสันทรายก็จะเพิ่มค่า n เป็นต้น

6. สิ่งกีดขวาง สิ่งกีดขวางทางน้ำ เช่น ตอหม้อสะพาน จะทำให้ n มีค่าเพิ่มขึ้น การเพิ่มค่า n จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิด ขนาด รูปร่าง ปริมาณและการจัดวางตัวของสิ่งกีดขวาง

7. ความลึกการไหลและอัตราการไหล โดยทั่วไปทางน้ำจะมีค่า n ลดลง เมื่อความลึกการไหลและอัตราการไหลมีค่ามากขึ้น ที่เป็นเช่นนี้อธิบายได้ว่า เมื่อทางน้ำมีความลึกการไหลน้อย ความไม่สม่ำเสมอของท้องคลองจะทำให้มีบางส่วนโผล่ขึ้นมาทำให้ n มีค่ามาก อย่างไรก็ตาม ทางน้ำอาจจะมีค่า n เพิ่มขึ้นเมื่อความลึกการไหลและอัตราการไหลมีค่ามากขึ้นก็ได้ ถ้าลาดตลิ่งของทางน้ำขรุขระ และมีหญ้าขึ้นรกรุงรัง

<u>ภาคผนวกที่5</u> ตารางค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ n ในสมการ Manning's formula

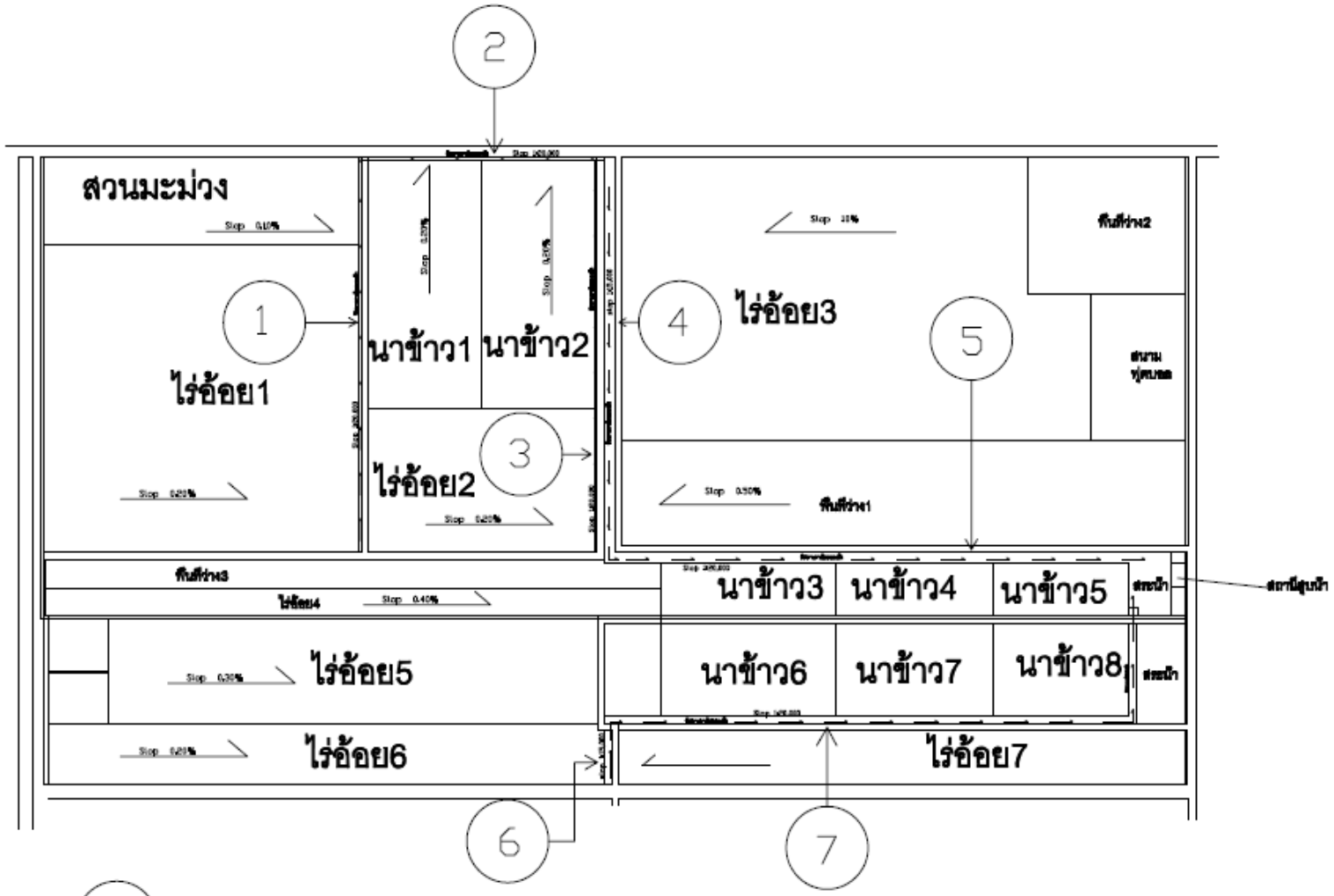
ชนิดและลักษณะทางน้ำ	ต่ำสุด	ปานกลาง	สูงสุด
1. ทางน้ำธรรมชาติ			
1.1 ลำน้ำย่อย (ความกว้างผิวน้ำที่เกิดอุทกภัย 100 ฟุต)			
1.1.1 ลำน้ำบนที่ราบ			
1.1.1.1 สะอาด ตรง ระดับสูง ไม่มีแยกและบ่อลึก	0.025	0.030	0.033
1.1.1.2 เหมือนข้อแรกแต่มีหินและวัชพืชมากกว่า	0.030	0.035	0.040
1.1.1.3 สะอาด คดเคี้ยว มีบ่อและแก่งใต้น้ำ	0.033	0.040	0.045
1.1.1.4 เหมือนข้อ 2.1.1.3 แต่มีวัชพืชและหิน	0.035	0.045	0.050
1.1.1.5 เหมือนข้อ 2.1.1.4 แต่ระดับต่ำกว่าความลาดเทและรูปตัดไม่แน่นอน	0.040	0.048	0.055
1.1.1.6 เหมือนข้อ 2.1.1.4 แต่มีหินมากกว่า	0.045	0.050	0.060
1.1.1.7 ช่วงที่ไหลช้า วัชพืช บ่อลึก	0.050	0.070	0.080
1.1.1.8 ช่วงที่มีวัชพืชมาก บ่อลึกหรือทางอุทกภัยที่มีต้นไม้	0.075	0.100	0.150
1.1.2 ลำน้ำในหุบเขาไม่มีวัชพืชในทางน้ำ ตลิ่งลาดชันต้นไม้และพุ่มไม้ตามตลิ่งอยู่ใต้น้ำที่ระดับการไหลสูง			
1.1.2.1 ก้น : กรวด ก้อนหิน และหินก้อนใหญ่ ๆ เล็กน้อย	0.030	0.040	0.050
1.1.2.2 ก้น : ก้อนหิน หินก้อนใหญ่กว่าข้อแรก	0.040	0.050	0.070
1.2 ทาม			
1.2.1 ทุ่งหญ้า ไม่มีพุ่มไม้			
1.2.1.1 หญ้าสั้น	0.025	0.030	0.035
1.2.1.2 หญ้ายาว	0.030	0.035	0.050
1.2.2 พื้นที่เพาะปลูก			
1.2.2.1 ไม่มีพืช	0.020	0.030	0.040
1.2.2.2 พืชเป็นแถวที่แก่	0.025	0.035	0.045
1.2.2.3 พืชไร่ที่แก่	0.030	0.040	0.050

ที่มา : Bruce R. el al., " Fundamentals of Fluid Mechanics " , Iowa State University. Ames, Iowa, USA, 1990, 843 pp.__

<u>ภาคผนวกที่5</u> ตารางค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ n ในสมการ Manning's formula

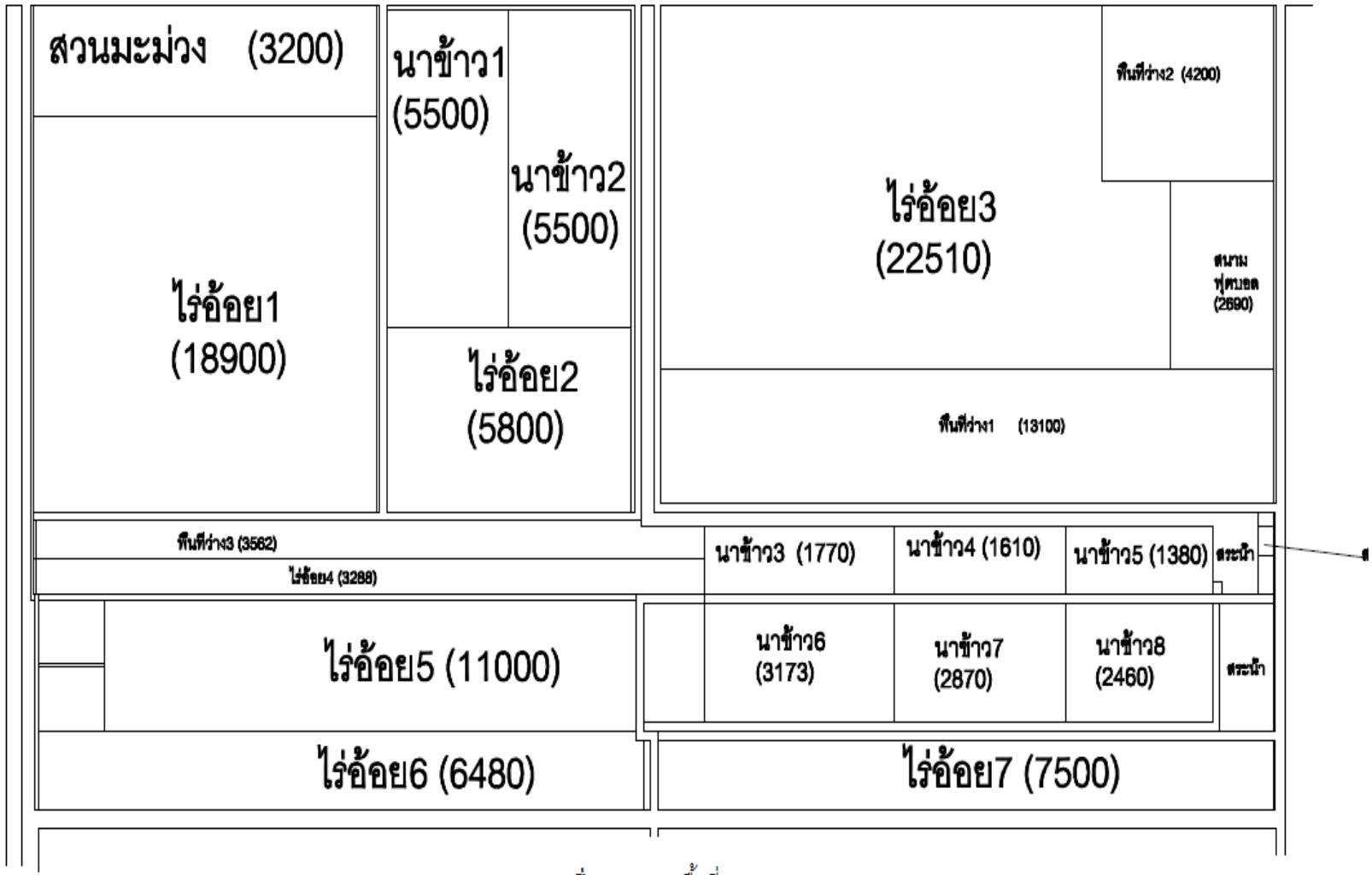
ชนิดและลักษณะทางน้ำ	ต่ำสุด	ปานกลาง	สูงสุด
1.2.3 ไม้พุ่ม			
1.2.3.1 ไม้พุ่มกระจัดกระจาย วัชพืชขึ้นหนา	0.035	0.050	0.070
1.2.4 ต้นไม้			
1.2.4.1 พื้นที่ว่างเปล่ามีตอไม้ไม่มีหน่อ	0.030	0.040	0.050
1.2.4.2 เหมือนข้อ 2.2.4.1 แต่มีหน่อมาก	0.050	0.060	0.080
1.2.4.3 มีไม้ยืนต้นมาก มีไม้ล้มเล็กน้อย ต้นเล็กมีเล็กน้อย ระดับน้ำต่ำกว่ากิ่งก้าน	0.080	0.100	0.120
1.2.4.4 เหมือนข้อ 2.2.4.3 แต่ระดับน้ำถึงกิ่งก้าน	0.100	0.120	0.160
1.3 ลำน้ำหลัก (ผิวน้ำเมื่อเกิดอุทกภัยกว้าง 100 ฟุต) ค่าน้อยกว่าลำน้ำย่อยที่มีลักษณะเหมือนกัน			
1.3.1 รูปตัดสม่ำเสมอ ไม่มีก้อนหินหรือไม้พุ่ม	0.025		0.060
1.3.2 ไม่สม่ำเสมอ และรูปตัดขรุขระ	0.035		0.100

ที่มา : Bruce R. el al., " Fundamentals of Fluid Mechanics " , Iowa State University. Ames, Iowa, USA, 1990, 843 pp.__

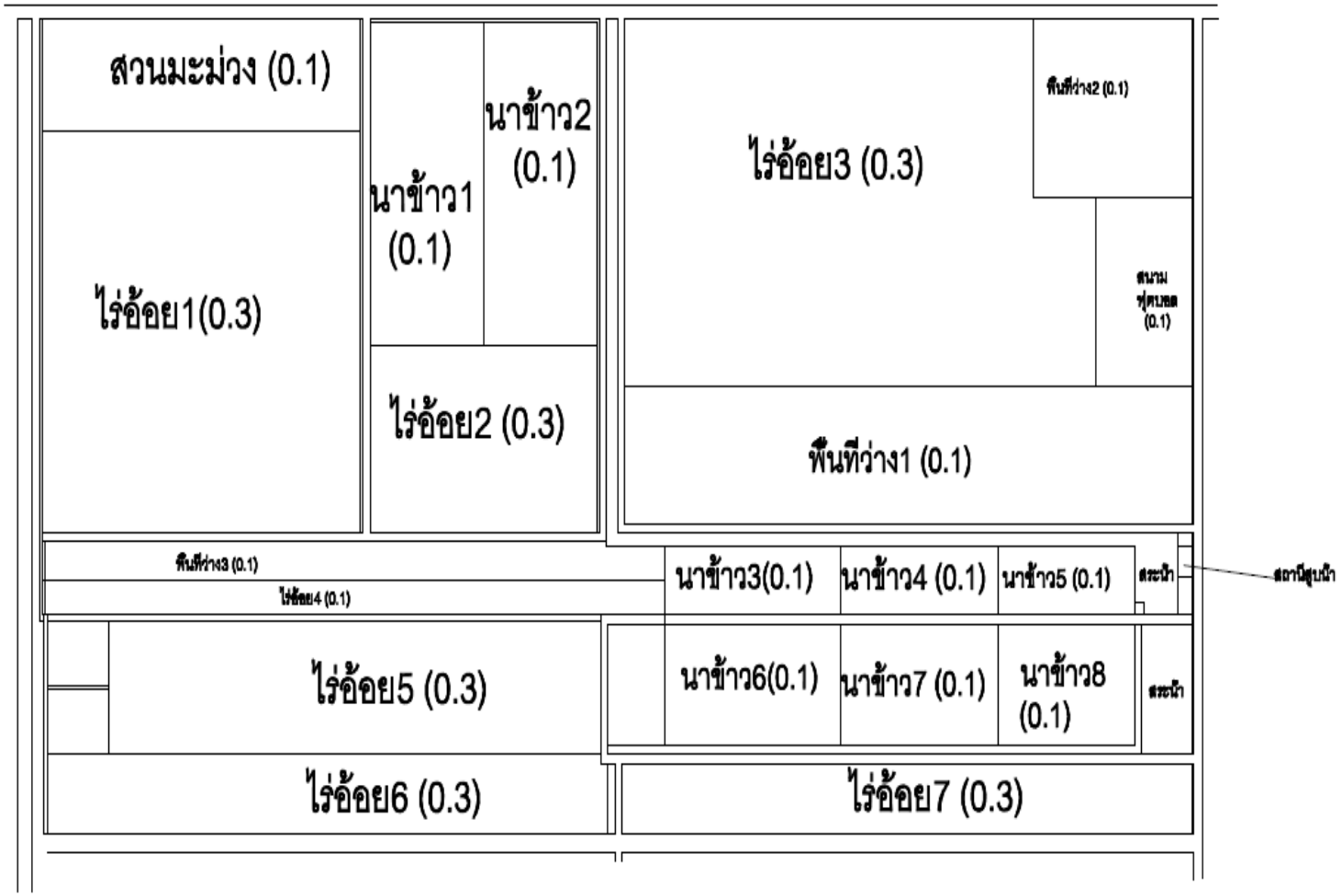


1 คูระบายน้ำสายที่ 1

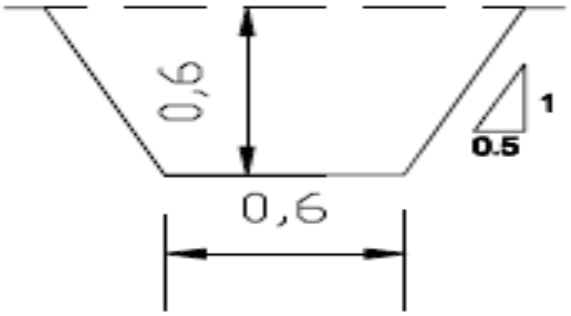
ภาคผนวกที่ 6 : พื้นที่โปรเจค



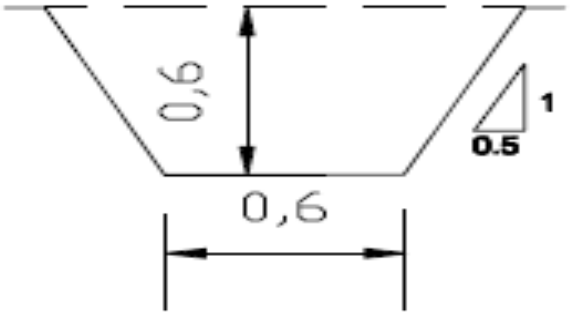
ภาคผนวกที่ 7 : ขนากพื้นที่ (ตร.ม.)



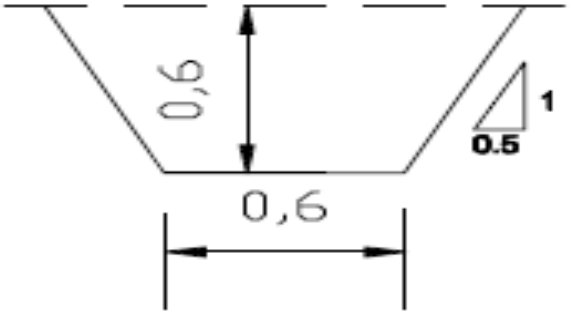
ภาคผนวกที่8 : ค่าสัมประสิทธิ์การระบาย



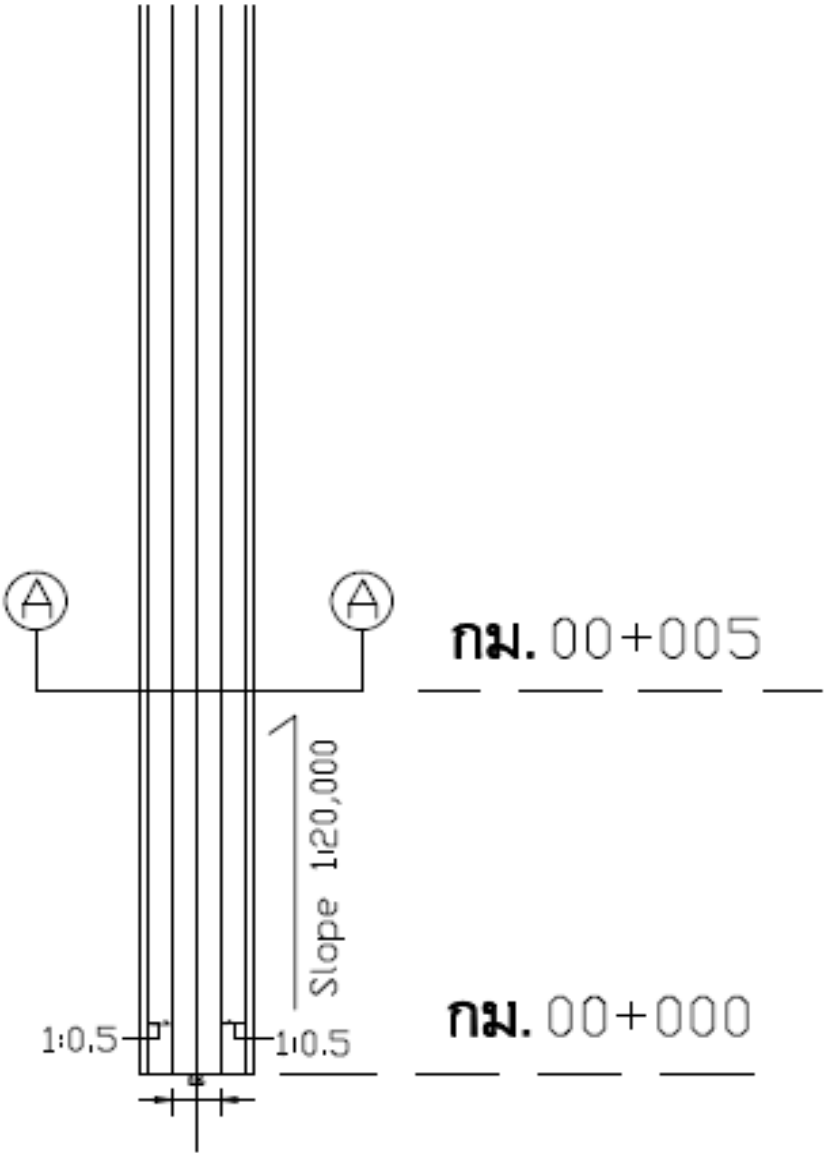
SECTION A–A



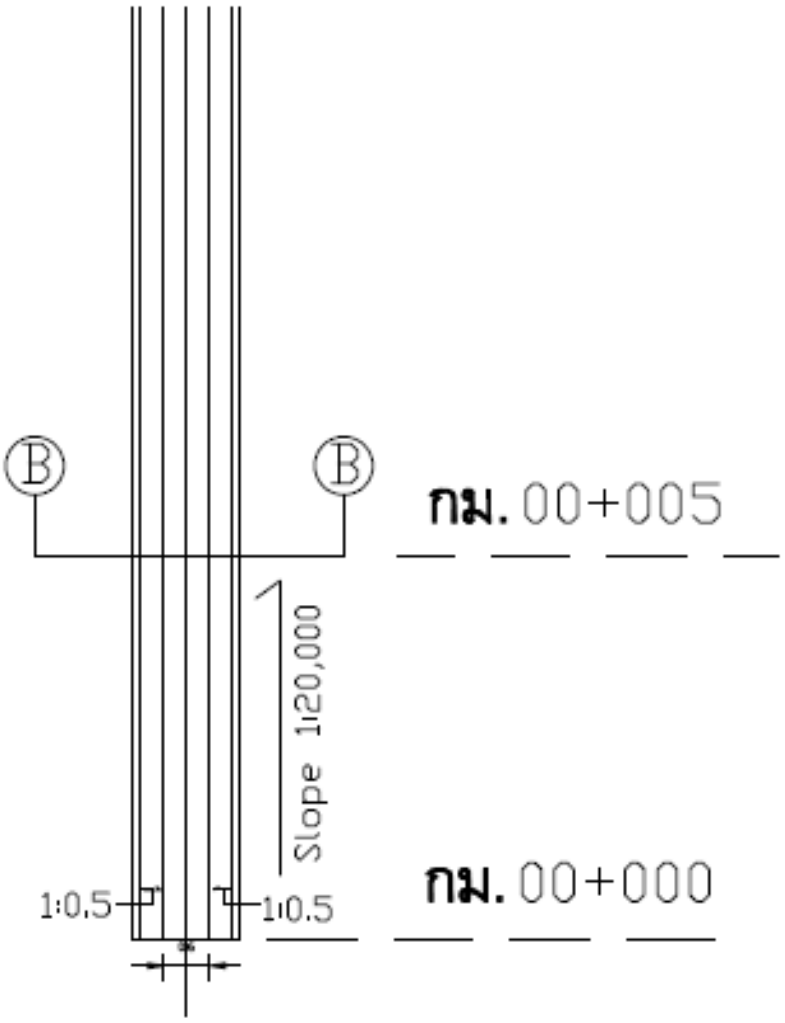
SECTION B–B



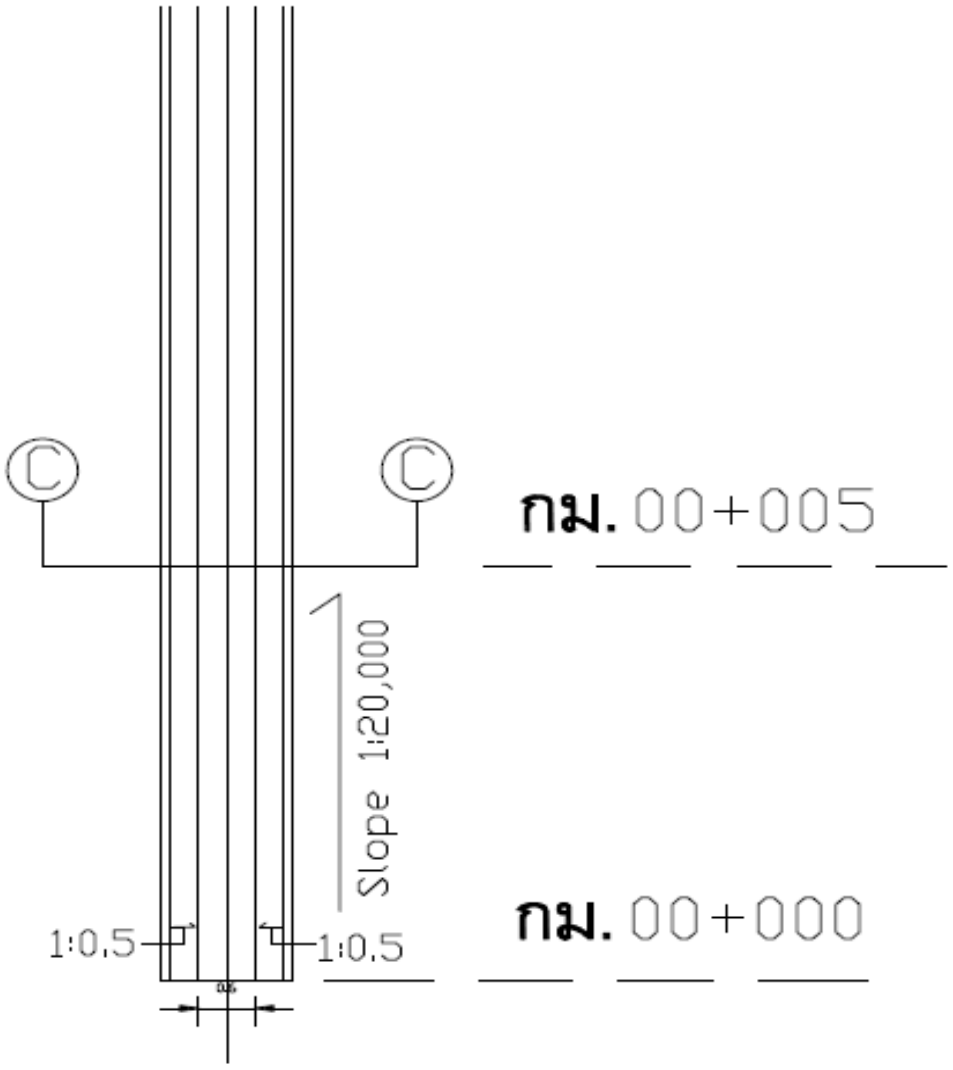
SECTION C–C



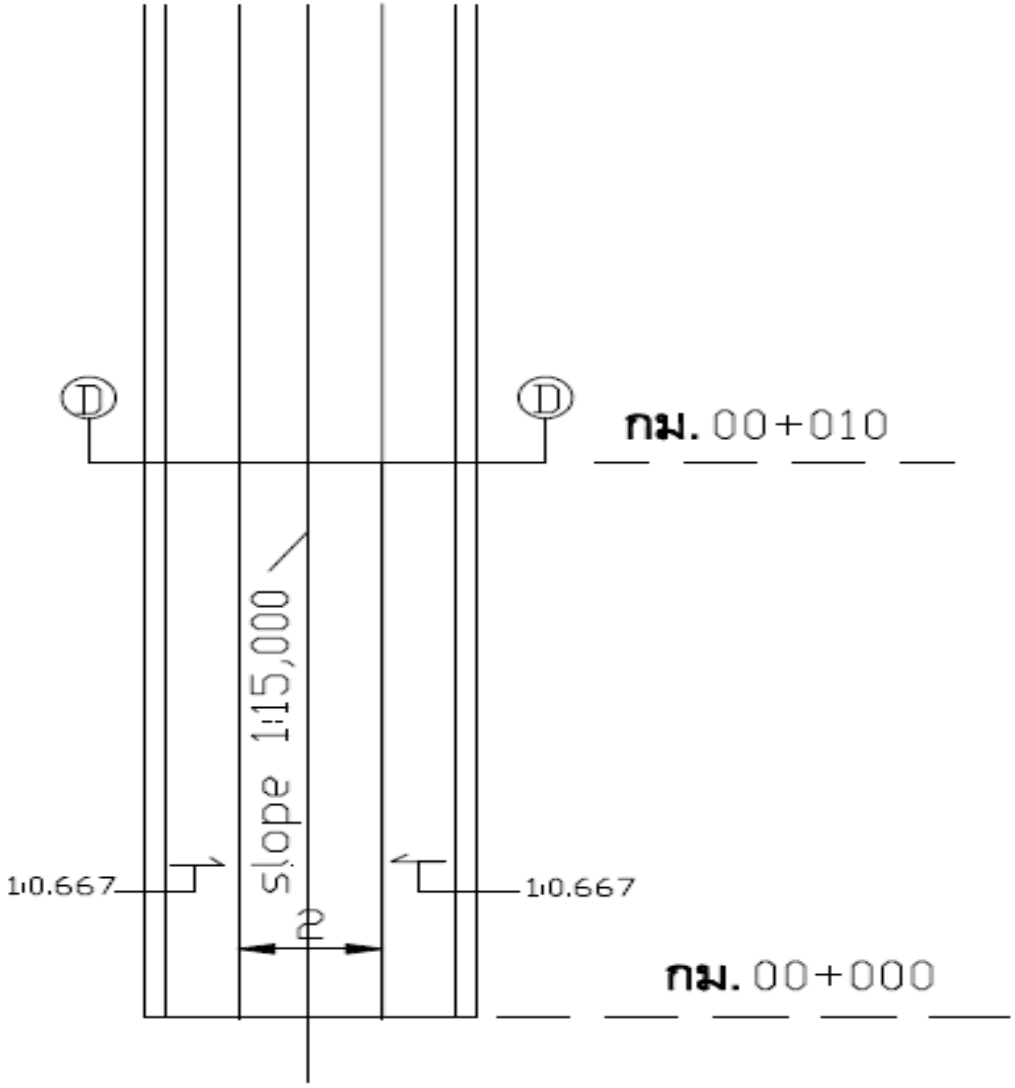
คูระบายน้ำสายที่ 1



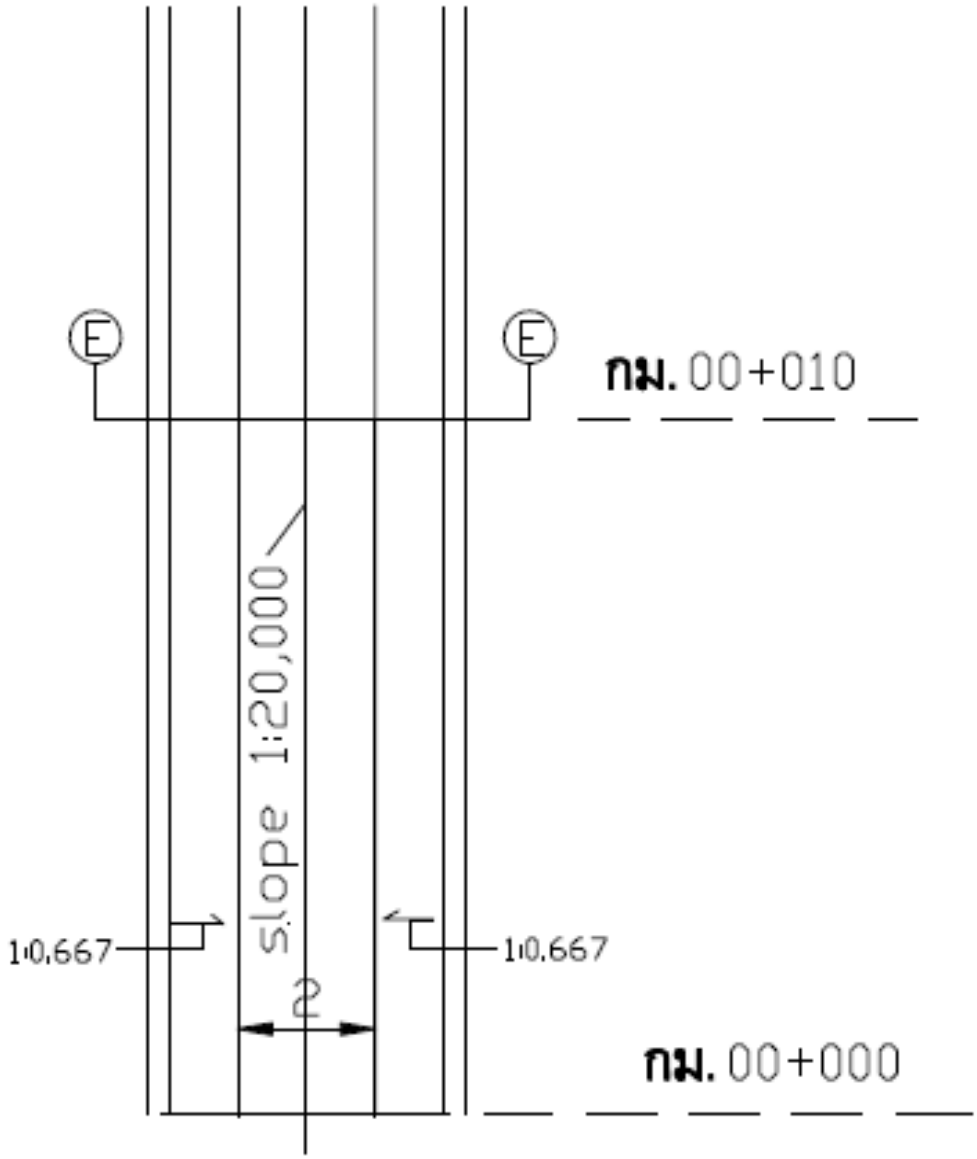
คูระบายน้ำสายที่ 2



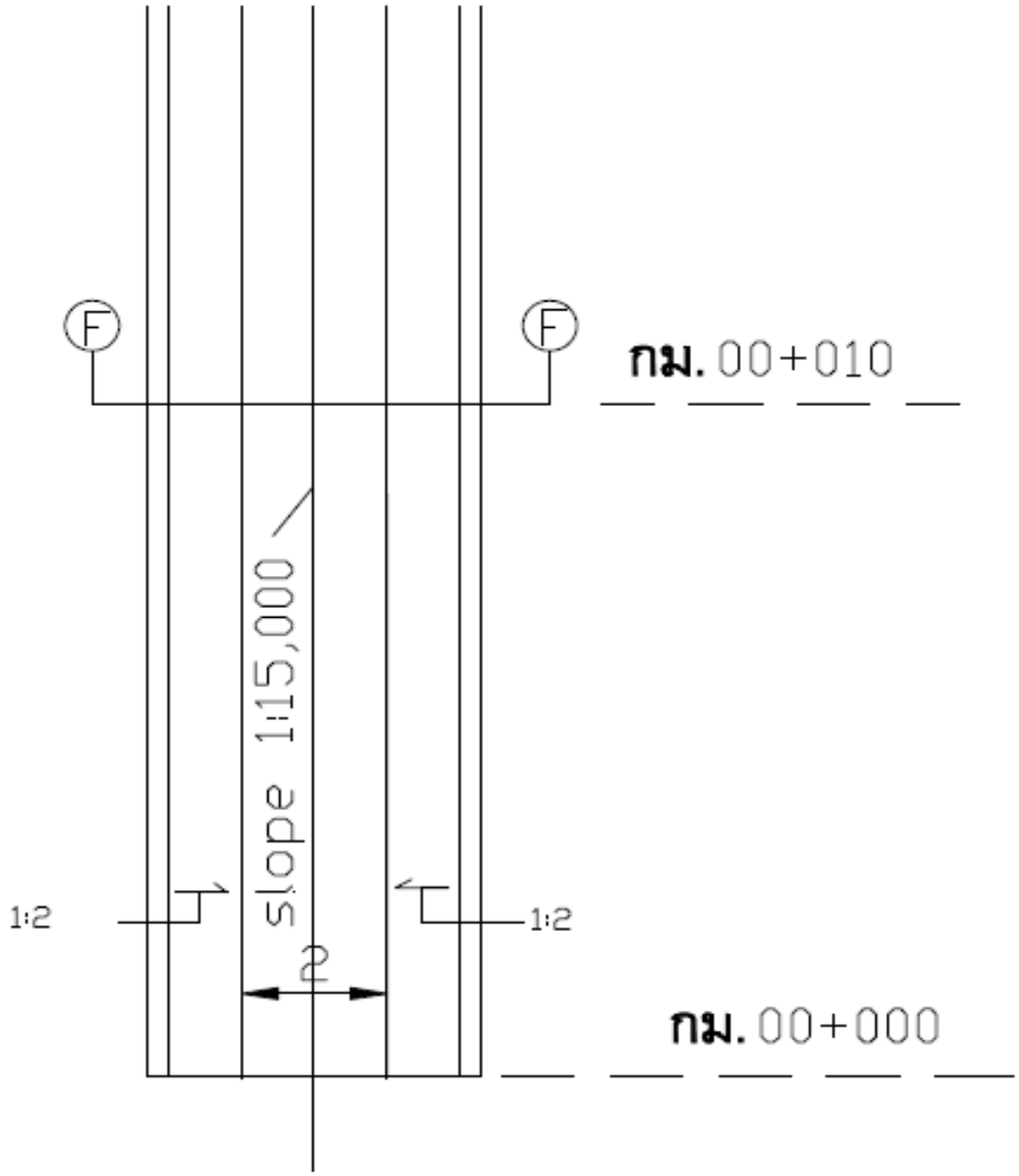
คูระบายน้ำสายที่ 3



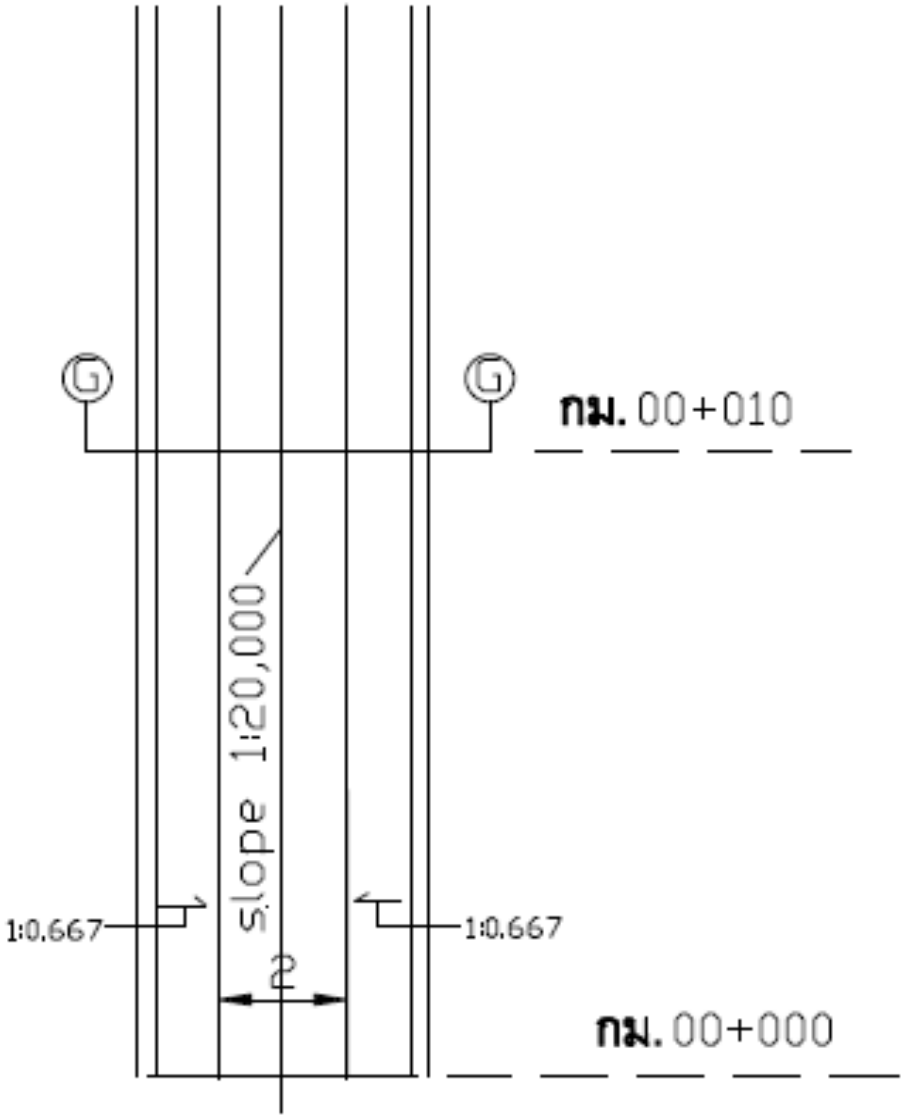
คูระบายน้ำสายที่ 4



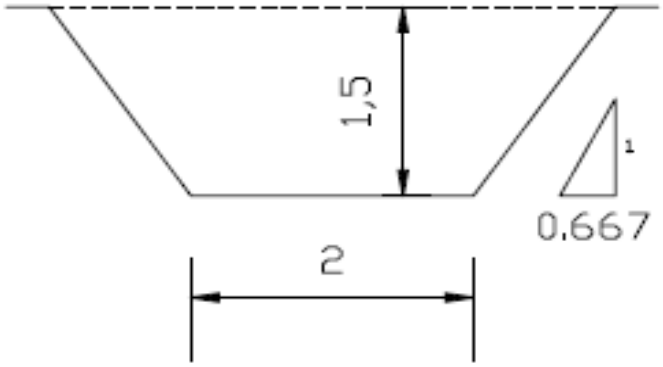
ภูระบายน้ำสายที่ 5



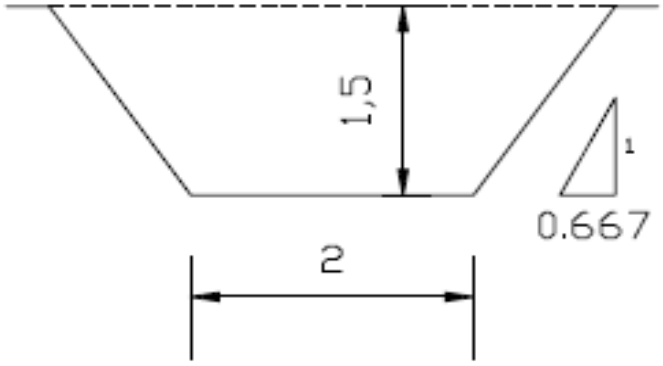
คูระบายน้ำสายที่ 6



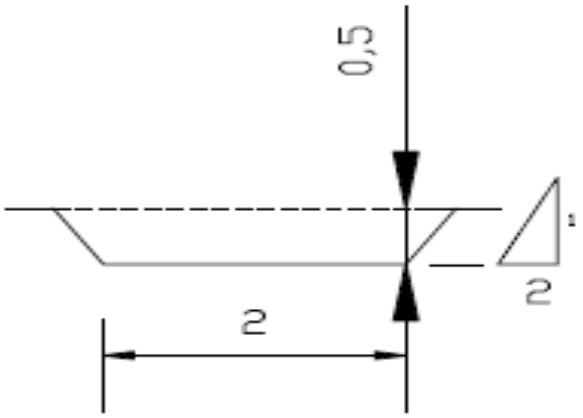
คูระบายน้ำสายที่ 7



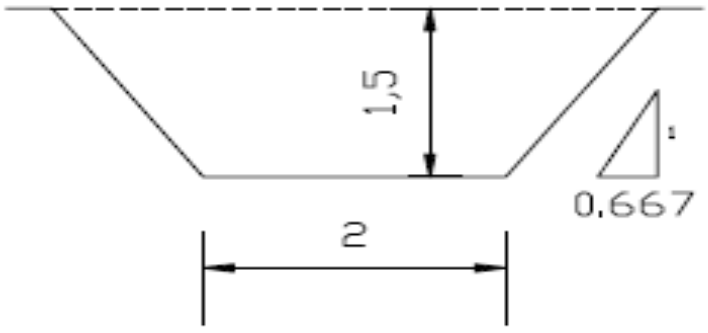
SECTION D-D



SECTION E-E



SECTION F-F



SECTION G-G