บทที่ 2

หลักการและทฤษฎี

การศึกษาการระบายน้ำของคลองระบายน้ำรอบนอกเขตมหาวิทยาลัยนเรศวรสิ่งที่จะต้องพิจารณา ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งทางอุตุนิยมวิทยา และอุทกวิทยา หลายประการอันได้แก่ ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ ข้อมูลการวิเคราะห์สภาพฝน ระดับน้ำสูงสุดในแม่น้ำน่าน ปริมาณน้ำที่ระบายลงสู่คลองระบายน้ำ ซึ่งผลการวิเคราะห์ที่ได้ออกมานั้นจะนำมาใช้ พิจารณาว่า การระบายน้ำของคลองระบายน้ำรอบนอกเขตของมหาวิทยาลัยนเรศวรมีการระบายน้ำเหมาะสมเพียงใด

2.1 สภาพภูมิอากาศ (มณฑา , วิภาค และ บรรจบ , 2540)

2.1.1 สภาพภูมิอากาศโดยทั่วไป

ลักษณะภูมิอากาศของจังหวัดพิษณุโลก อาจจัดได้ในลักษณะแบบฝนเมืองร้อนเฉพาะฤดู เขตร้อนชื้น ปริมาณและการกระจายของฝนได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงใต้ (ระหว่างเดือนพฤษภาคม – ตุลาคม) และลมตะวันตกเฉียงเหนือ (ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน – เมษายน) โดยจะนำอากาศหนาวแห้งแล้งมาให้

2.1.2 สภาพฝน

การศึกษาสภาพฝนตก ในเขตพื้นที่โครงการพบว่าในช่วง 42 ปี จังหวัดพิษณุโลกมีปริมาณน้ำฝนอยู่ในระดับปานกลาง แต่ในบางปี จะมีปริมาณน้ำฝนตกสูงมากบ้าง

2.2 ปริมาณน้ำฝนไหลนอง

การประมาณปริมาณน้ำฝนไหลนองเพื่อประกอบการออกแบบระบบท่อระบายน้ำกระทำได้ยากมาก ด้วยสาเหตุหลายประการ อัตราและปริมาณน้ำฝนองที่มีการเปลี่ยนแปลงในทุกฤดูและทุกปี ประการต่อไปได้แก่ พื้นที่ผิวที่ฝนตกลงไปนั้นมีขีดความสามารถในการอุ้มน้ำ (retention) และให้น้ำซึมลงดิน (infiltration) ไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับต้นไม้ใบหญ้าและพื้นที่ผิวคอนกรีตหรือวัสดุอื่นๆ ที่ซึมลงไม่ได้ ฯลฯ ว่ามีอยู่มากน้อยเพียงใด โดยปกติปริมาณน้ำไหลนองเท่ากับปริมาณน้ำฝน ลบด้วยปริมาณน้ำซึมลงดิน และปริมาณน้ำที่ระเหยทั้งโดยธรรมชาติและผ่านต้นไม้ (evaporation and evaportranspiration) รวมทั้งส่วนที่ถูกเก็บกักเอาไว้ในผิวดิน ในแอ่ง ในส่วนพื้นที่ลุ่ม ฯลฯ ดังนั้นสภาพพื้นที่ผิวและใต้พื้นที่ผิว (subsurface) ทั้งในรูปธรรมชาติและที่มนุษย์สร้างขึ้น มีผลโดยตรงต่อปริมาณน้ำไหลนองมาก

หลักการในการประมาณปริมาณน้ำไหลนองมีอยู่สองแนวความคิดด้วยกัน ในหลักการแรกกำหนดปริมาณน้ำไหลนองมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝนโดยตรง โดยให้เป็นสัดส่วนกับปริมาณฝนที่ตกลงบนพื้นที่ที่คำนึงถึงส่วนในแนวความคิดที่สองจะประมาณน้ำไหลนองโดยคิดหักปริมาณน้ำที่ซึมลงดิน ปริมาณน้ำที่ถูกอุ้มไว้ในดิน ในพืชและระหว่างการไหลออกจากปริมาณฝนที่ตกลงมา ในวิธีแรกซึ่งนิยมเรียกว่า เป็นวิธีเรชันแนล หรืออาร์เอ็ม (Rational Method R.M.) ได้ใช้กันมาตั้งแต่ปี พ.ศ.

2432 และยังเป็นที่ยอมรับกันแพร่หลายในปัจจุบัน แม้จะเป็นวิธีที่ประมาณปริมาณน้ำไหลนองได้ไม่ตรงกับความเป็นจริงนักก็ตาม ส่วนในแนวความคิดที่ได้พัฒนาขึ้นเพื่อให้คำนวณหาปริมาณน้ำไหลนองที่แม่นยำขึ้น วิธีที่สองนี้มีผลสืบเนื่องไปยังการก่อสร้างท่อระบายให้ได้ถูกต้องในเชิงเศรษฐศาสตร์มากยิ่งขึ้นด้วย

2.3 ฝน

เมื่อเกิดฝนตกขึ้น ฝนนี้จักไม่ตกลงบนพื้นที่ขนาดใหญ่ด้วยความเข้มของฝน (rainfall intensity) และความนานของฝน (duration) ที่เท่ากันตลอดเวลา ในบางท้องที่อาจมีฝนเข้มมากหรือฝนตกหนักและนาน ในขณะที่บางท้องที่จะมีฝนเบาและตกในช่วงสั้นๆ หรืออาจไม่มีฝนเลยก็ได้ แต่โดยส่วนใหญ่แล้วฝนที่ตกเป็นห่าใหญ่มักจะตกเพียงในช่วงสั้นๆ ยกเว้นจะเป็นฝนที่ตกเห็นห่าใหญ่ในรอบหลายๆ ปี ซึ่งในกรณีนี้อาจเป็นฝนที่ตกหนักและนานได้ และฝนในประเภทหลังนี้แหละที่วิศวกรพึงระวังอันตรายจากการที่ระบายไม่ทันและเกิดปัญหาน้ำท่วมขึ้น

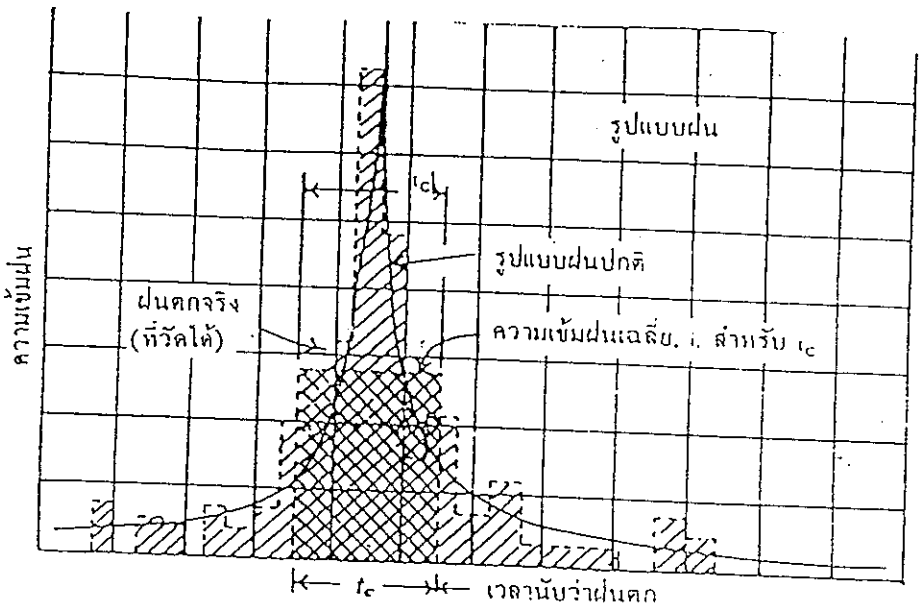
2.4 รูปแบบของฝน

ในสถานที่หนึ่งๆ โดยปกติเมื่อฝนห่าหนึ่งๆ เริ่มตกจะตกด้วยอัตราความเข้มต่ำและเพิ่มขึ้นตามลำดับจนถึงจุดๆ หนึ่งจะได้ฝนที่ความเข้มสูงสุด หลังจากจุดนี้ไปแล้วฝนจึงเริ่มซาเม็ดลงจนถึงจุดฝนหยุดในที่สุด ลักษณะฝนที่ตกปกติแสดงได้ดังรูปที่ 2.1

จากรูปดังกล่าว เห็นได้ว่าเวลาที่ฝนตกจริงจะยาวนาน นอกจากนี้ในช่วงต้นๆ และหลังๆ ของห่าหนึ่งๆ มีความเข้มของฝนเบาบางมาก ซึ่งฝนเบาบางในลักษณะนี้ไม่มีผลกระทบต่ออัตราการไหลนองอย่างมีนัยสำคัญเลย จึงกำหนดให้คำนึงถึงเฉพาะช่วงเวลาที่ฝนจะมีผลกระทบต่อการระบายเท่านั้น ซึ่งในกรณีนี้ขอเรียกว่า "ช่วงเวลานับว่าฝนตก" (time of concentration, t_0) พึงสังวรไว้ว่าเวลานับว่าฝนตก t_0 นี้ไม่ใช่เวลาที่ฝนตกจริงๆ แต่จะมีระยะเวลาสั้นกว่าฝนตกจริง ส่วนจะมีระยะเวลาสั้นกว่าฝนตกจริง ส่วนจะมีช่วงสั้นกว่าฝนตกจริงเท่าใดนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะของฝนแต่ละท้องถิ่น ฝนในแต่ละฤดู และฝนในแต่ละปี

ในช่วงเวลานับว่าฝนตก (t_0) นี้มีอัตราความเข้มของฝนแตกต่างกัน โดยขึ้นกับช่วงเวลาและรูปแบบของฝนนั้นๆ การที่บ่งว่าฝนห่าหนึ่งตกด้วยความเข้มห่าเท่ากับความเข้มสูงสุดอันหาได้จากรูปแบบของฝน ย่อมไม่ตรงกับความเป็นจริง และให้ค่าความเข้มของฝนห่านี้สูงเกินไป ทางที่ถูกคือ ต้องแสดงระดับความเข้มของฝนห่านี้เท่ากับความเข้มเฉลี่ยของฝน ซึ่งเท่ากับปริมาณน้ำฝนทั้งหมดของฝนห่านั้นหารด้วยเวลาที่นับว่าฝนตก อันมีผลกระทบในทางปฏิบัติหรือ t_0 นั่นเอง

ด้วยวิธีนี้ จักแสดงลักษณะของฝนห่าหนึ่งๆ ได้อย่างเด่นชัดขึ้นว่าตกด้วยความเข้มเท่าใดและนานเท่าใด ทั้งนี้อย่างมีนัยสำคัญในทางผลกระทบที่ตามมา แต่ผู้ออกแบบระบบระบายต้องระลึกไว้เสมอว่าความเข้มและความนานของฝนที่ว่านี้เป็นลักษณะของฝนห่าหนึ่งเท่านั้น มิใช่เป็นอัตราการไหลนองที่จะไหลเข้าสู่ท่อระบาย ซึ่งต้องคำนึงถึงในการออกแบบ



รูปที่ 2.1 ลักษณะฝนตกตามปกติ

2.5 ความเข้ม ความนาน ความถี่ของฝน

โดยปกติทางธรรมชาติ ฝนที่ตกหนักมักตกในช่วงสั้นๆ ในทางกลับกันฝนที่ตกเบาบางมักตกเป็นระยะเวลานาน ความสัมพันธ์ของความเข้มเฉลี่ยของฝนกับความนานของเวลาที่นับว่าฝนตก (t0) ความสัมพันธ์ของฝนในลักษณะนี้จักต้องสร้างขึ้นสำหรับเฉพาะแห่ง เช่น ท่อมีอายุใช้งานเพียง 5 ปี สำหรับฝนความถี่ 100 ปี แม้ว่าโอกาสเกิดฝนลักษณะนี้จักเป็นไปได้ก็ตาม แต่โครงสร้างสำหรับท่อระบายของฝนความถี่ 100 ปี จักมีขนาดใหญ่มาก และคงไม่คุ้มทุนที่จะออกแบบให้ใช้งานได้เพียง 5 ปี เพราะในช่วง 5 ปีนี้ ฝนความถี่ 100 ปี อาจยังไม่ได้เกิดขึ้นเลยก็ได้

ความเข้มฝนของแต่ละพื้นที่ย่อมไม่เหมือนกันขึ้นอยู่กับความถี่ และระยะเวลาที่ฝนตก ซึ่งในบางพื้นที่อาจมีฝนตำหนักและนาน แต่บางพื้นที่อาจมีฝนตกเบาบางและใช้เวลาสั้นๆ

เนื่องจากความเข้มข้นของฝนมีผลกระทบโดยตรงต่ออัตราการไหลนองของน้ำและการระบายน้ำ ดังนั้นในการวิเคราะห์ความเข้มข้นของฝนในช่วงเวลาต่างๆ ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก จึงสามารถนำไป วิเคราะห์ด้วยสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของฝนและช่วงความถี่ของฝน

ซึ่งเมื่อกำหนดรอบของการเกิดซ้ำในแต่ละรอบปีแล้ว ผลลัพธ์ที่ได้จะนำไป plot ลงบนกราฟ log-logจะได้Depth-Duration-Frequency Curveของฝนนี้ซึ่งจะใช้ในการคำนวณหาปริมาณฝนในสูตร Rational Method (RM) ได้ต่อไป (ดังกราฟ DDF Curve ของพื้นที่ในเขตเทศบาลนครเมืองพิษณุโลก รูปที่ 2.2)

(1) คาบความถี่การเกิดซ้ำของน้ำฝนที่ใช้ในการออกแบบ

ความถี่ของฝนที่ใช้ในการวางแผน ใช้เกณฑ์ดังนี้

การตรวจสอบรางระบายน้ำเดิม และการออกแบบรางระบายน้ำได้ทำการออกแบบให้สามารถระบายน้ำฝนที่ความถี่ของการเกิดซ้ำ 5 ปี

(2) คาบเวลาและความเข้มของฝนที่ใช้คำนวณ

สูตร

$$t_c = t_0 + t_d$$

เมื่อ t_c = เวลาในการรวมตัวของน้ำท่า, นาที

t_0 = เวลาในการไหลของน้ำบนผิวดิน, นาที

t_d = เวลาในการไหลในท่อหรือร่องน้ำ, นาที

$$t_0 = \frac{1.8\,(1.1-c)\,L^{0.50}}{S^{0}}$$

เมื่อ S = ความลาดของพื้นที่, ม./ม.

C = ค่าสัมประสิทธิ์ของการไหล

L = ความยาวจากพื้นที่ระบายน้ำถึงท่อ, (ม.)

เมื่อได้คาบเวลาแล้ว สามารถคำนวณหาความเข้มข้นของฝนออกแบบ โดยใช้ความสัมพันธ์ของความเข้มกับช่วงเวลา และความถี่ของฝน

2.6 การคำนวณปริมาณน้ำท่าในบริเวณพื้นที่โครงการใช้ Rational Method

ซึ่งมีสูตรการคำนวณดังนี้

$$Q = 0.278\ CIA$$

เมื่อ Q = อัตราการไหลสูงสุด, ลบ.ม./วินาที

C = สัมประสิทธิ์ของน้ำท่า

I = ความเข้มข้นของฝน, ม.ม./ชั่วโมง

A = พื้นที่รับน้ำฝนหรือพื้นที่ระบายน้ำ, ตร.กม

ทั้งนี้ สัมประสิทธิ์ของน้ำท่า สำหรับพื้นที่รับน้ำย่อยในแต่ละแห่ง ได้เลือกใช้จากตารางที่ 1 และจากพื้นฐานของการสำรวจภาคสนามในปัจจุบัน

เนื่องจากพื้นที่โครงการส่วนใหญ่เป็นพื้นคอนกรีต ดังนั้นคณะจัดทำได้ใช้ค่าสัมประสิทธิ์ของน้ำท่า C = 0.7 และพื้นที่บางส่วนเป็นหญ้าสั้น จึงใช้ค่า C = 0.5

วิธีอาร์เอ็มนี้ใช้ประมาณอัตราน้ำไหลนองให้ถูกต้องแม่นยำได้ไม่ดีนัก จะใช้ได้ดีก็เฉพาะกับพื้นที่ระบายขนาดเล็กๆ และเมื่อนำไปใช้อย่างมีความเข้าใจอย่างถูกต้อง เท่านั้นซึ่งต้องตระหนักให้ดีว่า วิธีอาร์เอ็มนี้ตั้งอยู่บนสมมุติฐานที่สำคัญ 4 ประการ คือ

(ก) ค่าสัมประสิทธิ์การไหลนองเป็นค่าคงที่

ค่า C นี้แม้จะเป็นค่าคงที่สำหรับลักษณะพื้นที่ขนาดเล็กหนึ่งๆ ในสภาพแวดล้อมหนึ่งๆ ก็ตาม ดังตัวอย่างในตารางที่ 2.1 แต่เมื่อพิจารณาพื้นที่ระบายน้ำขนาดใหญ่ขึ้นไปแล้ว ค่าสัมประสิทธิ์นี้จักแปรผันไปได้ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมของพื้นที่ๆ ใหม่ชิ้นนั้นว่ามีความสามารถในการไหลนองอย่างไร ค่าสัมประสิทธิ์การไหลนองนี้เป็นค่าคงที่ได้ก็เฉพาะสำหรับลักษณะพื้นที่หนึ่งๆ และในภาวะหนึ่งๆ เท่านั้น ในบริเวณที่มีของเขตจำกัดและมีข้อมูลพื้นที่ผิวรวมทั้งใต้พื้นที่ผิวดีเพียงพอเราอาจทดลองหาค่า C ของบริเวณนั้นๆ ได้โดยไม่ยากนัก แต่เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมหรือเมื่อพิจารณาพื้นที่ขนาดใหญ่ขึ้น ซึ่งมีพื้นที่หลายลักษณะประกอบเข้าด้วยกัน ค่า C นี้จักมีการแปรผันได้มาก ดังนั้นการที่จะกำหนดค่า C นี้จักมีการแปรผันได้มาก ดังนั้นการที่จะกำหนดค่า C ให้เป็นค่าคงที่หนึ่งๆ ได้แม่นยำจึงกระทำได้ยาก แต่ในทางปฏิบัติในวิธีอาร์เอ็ม จำต้องกำหนดค่าคงที่ C นี้ขึ้นมาสำหรับการคำนวณหาอัตราการไหลนอง ค่า C ที่ยัดเยียด กำหนดให้เป็นค่าคงที่นี้สามารถมีความคลาดเคลื่อนได้มาก ซึ่งนั่นก็หมายถึงการคำนวณขนาดท่อระบายและงบประมาณค่าลงทุนจักผิดตามไปด้วย

ตารางที่ 2.1 สัมประสิทธิ์ของน้ำท่าสำหรับพื้นที่รับน้ำย่อย

ชนิดของการใช้พื้นที่	สัมประสิทธิ์ของน้ำท่า, C
- พาณิชย์กรรมและที่อยู่อาศัยหนาแน่นมาก	0.55 – 0.70
- ที่อยู่อาศัยหนาแน่นปานกลาง	0.45 – 0.55
- ที่อยู่อาศัยหนาแน่นน้อย	0.30 – 0.45
- สถานที่ราชการ สถาบัน และผ่านอุตสาหะกรรม	0.40 –0.70
- สวนสาธารณ พ.ท. เกษตรกรรมและที่ว่างเปล่า	0.20 – 0.30
ฯลฯ	

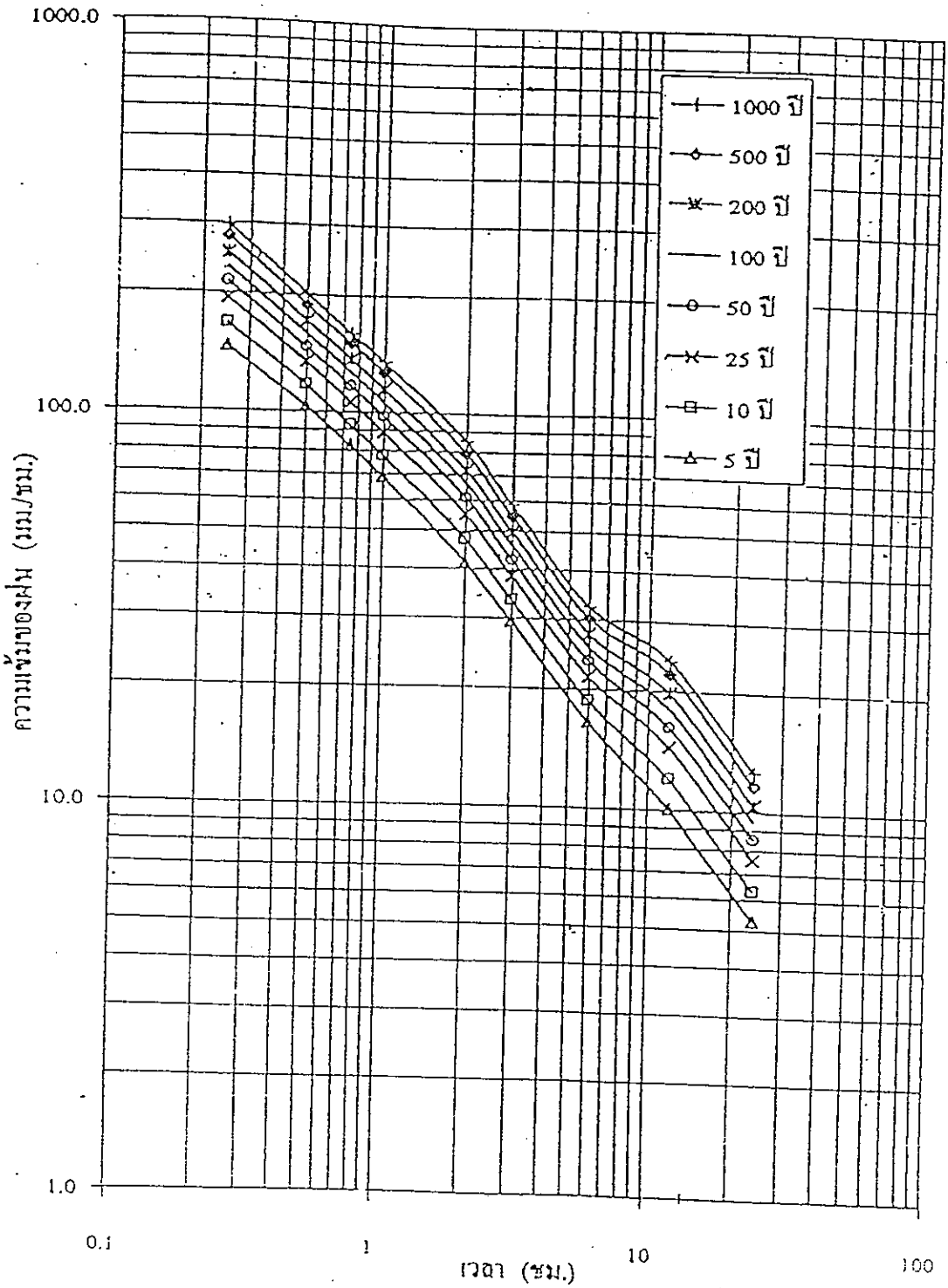
หมายเหตุ ค่าสัมประสิทธิ์ของท่าน้ำ ใช้ค่าเฉลี่ยตามสภาพการใช้พื้นที่

(ข) *อัตราไหลนองสูงยอดที่จุดใดๆ* เป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มเฉลี่ยของฝนที่ตก (t_c) และไหลมาขนถึงจุดนั้นๆ

นั่นคือค่า Q จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับค่า i จากรูปที่ 2.2 เห็นได้ว่าอัตราสูงยอดของฝนห่าหนึ่งๆ มีค่ามากกว่าเฉลี่ยของฝนห่านั้นๆ ได้มาก แต่ถ้ากำหนดให้อัตราน้ำไหลนองสูงสุดเป็นสัดส่วนกับอัตราสูงยอดของฝน ก็จักไม่ตรงกับความจริงเพราะฝนสูงยอดเกิดขึ้นในช่วยเวลาสั้นๆ เพียงจุดหนึ่งเท่านั้นในขณะที่น้ำไหลนองเกิดขึ้นได้ในช่วงเวลาที่นานกว่าช่วงเวลาที่เกิดอัตราเฉลี่ยของฝนในช่วง (t_c) นั้นๆ เท่านั้น ซึ่งแน่นอนที่สมมุติฐานนี้ย่อมมีความคลาดเคลื่อน แต่ก็ให้ผลลัพธ์ที่น่าจะยอมรับได้ในทางปฏิบัติ

(ค) *เวลานับว่าฝนตก (t_c)* ให้ถือว่าเท่ากับเวลาที่น้ำไหลนองก่อตัวเป็นรูปร่างและไหลจากจุดที่ไกลจากจุดที่ไกลที่สุดของพื้นที่ระบายมายังจุดที่กำลังพิจารณาหรือออกแบบ

สมมุติฐานข้อนี้ยังเป็นที่ถกเถียงกันมาก เพราะไม่มีข้อพิสูจน์อย่างเด่นชัดว่าเป็นจริงตามนี้ และต้องเข้าใจว่าจุด "ไกลที่สุด" ในกรณีนี้หมายถึงทางด้านเวลาในการไหลนองของน้ำบนผิวพื้นที่ระบายมาเข้าท่อ และไหลตามท่อต่อมายังจุดที่คำนึง ไม่ใช่ระยะทาง กล่าวคือขึ้นอยู่กับความเร็วของการไหลของน้ำไหลนองบนผิวดินและการไหลในเส้นท่อระบายด้วย ถ้าระยะทางสั้นแต่ไหลช้าก็อาจมีค่า t_c มากกว่า t_c ในกรณีระยะทางยาวแต่ไหลเร็วได้ นอกจากนี้การไหลนองของการระบายน้ำของพื้นที่ระบายขนาดเล็กจะใช้เวลาน้อยกว่าการไหลนองของพื้นที่ขนาดใหญ่ นั่นหมายความว่าในพื้นที่ระบายเล็กจะมีค่า t_c ต่ำและความเข้มเฉลี่ยของฝนหรือค่า i สูงนั่นเอง หรือกล่าวอีกนัยหนึ่ง พื้นที่ระบายยิ่งมีขนาดใหญ่จะยิ่งมีค่า i ลดลง ซึ่งนั่นก็ควรสอดคล้องกับปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจริงในธรรมชาติ เพราะฝนที่ตกลงมาแต่ละครั้งจะไม่ครอบคลุม ยกตัวอย่างเช่น ฝนที่ตกลงบนท้องที่หนึ่งๆ เช่น เขตดุสิต หรือบริเวณพระโขนง อาจตกไม่พร้อมกัน หรือถ้าตกพร้อมกันฝนนี้ก็มีความเข้มสูงกว่าฝนห่าเดียวกันนี้เมื่อเทียบนับเฉลี่ยเป็นฝนของทั้งกรุงเทพฯ



รูปที่ 2.2 กราฟ DDF Curve ของพื้นที่ในเขตเทศบาลนครพิษณุโลก

ในวิธีอาร์เอ็ม จะต้องระลึกเสมอว่าค่าความเข้มเฉลี่ยของฝนหรือค่า i ไม่มีความสัมพันธ์แบบ time sequence relation กับรูปแบบฝนที่ตกลงมาจริงๆ ในฝนห่าหนึ่งๆ กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า i กับค่า t_c ที่ใช้ในการประมาณอัตราการไหลนองของวิธีนี้ไม่ใช่ time sequence curve ของฝนนั้นด้วย กล่าวคือ เมื่อฝนห่าหนึ่งๆ ตกลงมา จะไม่มีทางทราบได้ว่าจะเกิดช่วงเวลา t_c อันก่อให้เกิดเป็นความเข้มเฉลี่ยของฝนที่เวลาใด นับจากฝนเริ่มตกเพราะค่า i และรูปแบบของฝนไม่มีความสัมพันธ์แบบสืบเนื่องต่อกันและก็ไม่มีความจำเป็นใดๆ ทั้งสิ้น เวลาน้ำไหลเจิ่งนองเพื่อวิ่งเข้าท่อรวมทั้งไหลตามท่อมายังจุดที่คำนึงต้องมีค่าเท่ากับ t_c โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าฝนห่าหนึ่งๆ ไม่ขึ้นอยู่กับที่และมีอัตราการเคลื่อนตัวของมวลฝนหรือเมฆผ่านบริเวณพื้นที่ระบายไปทางต้นน้ำหรือขวางกับทิศทางการไหลนองอย่างรวดเร็ว ในกรณีนี้เวลาที่อัตราไหลนองสูงสุดยอดจะก่อตัวและไหลมาถึงจุดที่พิจารณาจะนานกว่าค่า t_c ในกรณีปกติได้มาก

หากละเลยความข้อนี้ จะประเมินผลกระทบของฝนที่ตกลงมาก่อนหน้าจะเกิดการไหลนองและการซึมลงดินอย่างผิดพลาด ซึ่งทำให้การใช้สูตรอาร์เอ็มไม่ตรงกับแนวความคิดดั้งเดิม อนึ่งสมมุติฐานข้อนี้ แม้จะมีแนวเหตุผลที่เป็นไปได้ แต่ก็ไม่มีสิ่งใดๆ มายืนยัน แนวความคิดนี้ได้ว่าถูกต้อง 100 เปอร์เซ็นต์ ค่าอัตราน้ำไหลนองสูงสุดที่คำนวณได้จึงอาจผิดแผกไปจากความจริงได้

(ง) ความถี่ของอัตราน้ำไหลนองสูงสุดเท่ากับความถี่ของฝนที่ความเข้มเฉลี่ยนั้นๆสมมุติฐานข้อนี้ก็เช่นกัน แม้จะมีแนวความคิดของ "ความควรเป็น" มาสนับสนุนแต่ก็ไม่สามารถยืนยันให้เป็นที่แน่ชัดไว้ว่าจะเป็นเช่นนี้เสมอ

จากการวิเคราะห์สมมุติฐานเหล่านี้ เห็นได้ว่าวิธีอาร์เอ็มนี้ยังมีช่องโหว่ในแนวความคิดและเหตุผลที่จะมาสนับสนุนอยู่มาก อย่างไรก็ตามพบว่าวิธีนี้ให้ผลเป็นที่น่าพอใจมากสำหรับพื้นที่ระบายขนาดเล็ก

2.7 เวลาน้ำไหลนอง

เวลาน้ำไหลจากบริเวณที่ไกลที่สุดมาเข้าทอและวิ่งในท่อมายังจุดที่พิจารณากำหนดให้เป็น t_cซึ่งให้เท่ากับเวลาที่นับว่าฝนตกด้วย เวลาที่วิ่งในเส้นท่ออาจคำนวณหาได้โดยสูตรทางชลศาสตร์ สวนเวลาไหลนองบนพื้นดินจนกว่าจะมาเข้ายังจุดเข้าท่อ (intel)นั้น คำนวณหาได้ยาก

เพราะขึ้นอยู่กับ

(ก) ความลาดของพื้นที่ผิว

(ข) ลักษณะปกคลุมของพื้นผิวนั้นๆ (เป็นหญ้า ต้นไม้ ดินธรรมชาติ คอนกรีต ลูกรัง ฯลฯ)

(ค) ระยะทางที่น้ำวิ่งก่อนถึงจุดเข้าท่อ

(ง) ระยะห่างระหว่างจุดให้น้ำเข้าท่อ

(จ) ปัจจัยอื่นๆอีกที่อาจได้รับผลกระทบจากความเข้มและความนานของฝนที่ตกลงมาก่อนหน้านี้ เช่น ความอิ่มน้ำของใต้ผิวดิน การซึมลงดิน การอุ้มน้ำของดิน เป็นต้น)

แต่โดยปกติถ้าฝนมีความเข้มสูงมักมีเวลาวิ่งเข้าท่อสั้น เวลาน้ำไหลนองจะสั้นที่สุดสำหรับพื้นที่ระบายขนาดเล็ก มีแนวระบายกว้าง ชัน และมีพื้นที่ผิวที่ราบเรียบ และจะเนิ่นนานออกไปถ้าพื้นที่ผิวมีดินแห้ง พื้นผิวไม่สม่ำเสมอ มีพืชหญ้าปกคลุมมาก และมีการกักน้ำตามแอ่งหรือบริเวณที่ลุ่มต่างๆ

ในการออกแบบอาจเลือกใช้เวลาวิ่งเข้าท่อในช่วง 5 – 30 นาที (นิยมใช้ 5 – 15 นาที) สำหรับกรณีทั่วๆ ไป ในกรณีพื้นที่ที่ได้รับการพัฒนามามากแล้วและมีการก่อสร้างอย่างหนาแน่น พื้นที่ผิวส่วนใหญ่เป็นชนิดน้ำซึมลงดินไม่ได้ และมีช่องให้น้ำเข้าระบบระบายอยู่อย่างถี่ อาจเลือกใช้เวลาเข้าท่อสั้นเพียง 5 นาที สำหรับพื้นที่ที่มีการพัฒนามามากและระดับค่อนข้างราบเรียบให้ใช้เวลาเข้าท่อนาน 10 – 15 นาที แต่ในบริเวณชุมชนที่พักอาศัยและภูมิประเทศราบเรียบให้ใช้ 20 - 30 นาทีเป็นเกณฑ์

<u>การคำนวณหาอัตราไหลนองด้วยวิธีอื่น</u>

ได้มีการศึกษา วิจัย ด้านอุทกศาสตร์ที่ผ่านมา วิธีคำนวณหาอัตราไหลนองได้แม่นยำและใกล้เคียงกับความจริงกว่าวิธีอาร์เอ็มและควรนำมาใช้กับพื้นที่ระบายขนาดใหญ่เพราะการใช้วิธีอาร์เอ็มกับพื้นที่ขนาดใหญ่มักให้ค่าการไหลนองมากกว่าที่เกิดขึ้นจริง ทำให้การลงทุนระบบระบายสูงเกินกว่าที่ควร วิธีใหม่ดังกล่าวนี้ใช้หาประมาณการไหลนองโดยอาศัยข้อมูลพายุฝนจากรูปแบบของฝนที่เลียนสภาพความจริงให้ใกล้เคียงที่สุดเท่าที่เป็นได้ รูปแบบฝนที่ว่านี้อาจไม่ถือเป็นความถี่ที่พึงบังเกิดขึ้นในระยะเวลาหนึ่ง แต่ปริมาณฝนที่ตามมาทั้งหมดในคาบเวลาหนึ่ง แต่ปริมาณฝนที่ตามมาทั้งหมดในคาบเวลาหนึ่งๆ อาจถือเป็นความถี่นั้นๆ (หรือความถี่ในการออกแบบ)

ได้มาตรการดังกล่าวมีอยู่หลายวิธี ได้แก่ 1.วิธีไฮโดรกราฟหรือน้ำไหลเจิ่ง (over-land flow) 2.วิธีน้ำไหลเข้า (intel method) 3.วิธียูนิตไฮโดรกราฟ และ 4.วิธีอื่นๆ ที่อาศัยสถิติน้ำท่วมในปีที่ผ่านมา

<u>วิธีไฮโดรกราฟ</u>

วิธีนี้ใช้มาตรการวัดปริมาณน้ำฝนหรือปริมาณน้ำไหลนอง (วัดในท่อระบาย) ที่เกิดจริงและนำมาหาความสัมพันธ์ระหว่างกันและกัน จึงค่อนข้างยากในทางปฏิบัติ เพราะจำเป็นต้องพึ่งข้อมูลสนามของแต่ละแห่งซึ่งมักมีไม่มากนักโดยเฉพาะในประเทศเรา ในทางปฏิบัติมักทดลองในแปลงเขตเล็กๆ เพื่อสะดวกในการควบคุมตัวแปรต่างๆ แล้วหาข้อมูลไปประยุกต์สำหรับพื้นที่ขนาดใหญ่ต่อไป อย่างก็ตามวิธีนี้มีคุณค่าแตกต่างจากวิธีใช้สูตรสำเร็จรูปที่หาได้จากงานสนาม (empirical formula) หรือวิธีอาร์เอ็มที่ในวิธีนี้เราสามารถมองเห็นรูปร่างของไฮโดรกราฟ และจากหลักการที่ว่าปริมาตรฝนเท่ากับอัตราฝนคูณกับเวลาฝนตก เราจะล่วงรู้ปริมาณฝนได้อย่างไม่ยาก

<u>วิธีน้ำไหลเข้า (Inlet Method</u>

วิธีนี้มีมาตรการ 3 ส่วน ได้แก่ ก) หาข้อมูลปริมาณน้ำที่ไหลที่จุดเข้า (ท่อ) แต่ละจุด ข) ลดปริมาณน้ำไหลสูงยอดจากพื้นที่ระบายขนาดเล็ก (กลุ่มของจุดน้ำเข้าหลายจุด) แต่ละพื้นที่เมื่อน้ำไหล

ไปตามท่อระบายตามลำดับและ ค) รวมปริมาณน้ำสูงยอดที่ลดปริมาณลงแล้วตามข้อ ข) เข้าด้วยกันเป็นปริมาณน้ำสูงยอดทั้งหมดที่พึงบังเกิดขึ้นที่จุดที่กำลังพิจารณา

วิธียูนิตไฮโดรกราฟ

วิธียูนิตไฮโดรกราฟขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ระหว่างไฮโดรกราฟของน้ำที่วัดได้ขณะไหลออกจากท่อระบายจากบริเวณเขตพื้นที่ระบายชนิดต่างๆ กัน จากความสัมพันธ์นี้สามารถนำมาสร้างยูนิตไฮโดรกราฟสำหรับพื้นที่ที่จะออกแบบระบบระบายหนึ่งๆ ได้ มีข้อสังเกตว่ายูนิตไฮโดรกราฟของน้ำไหลออกจากท่อระบายนี้ใช้ประกอบการออกแบบขนาดของอ่างเก็บกักน้ำ (impounding basin) และสถานีสูบระบายได้ด้วย ในขณะที่การคำนวณในวิธีอาร์เอ็มจะไม่สามารถกระทำเช่นว่านี้ได้เลย แต่วิธีการสร้างยูนิตไฮโดรกราฟจำต้องมีข้อมูลอัตราน้ำไหลในเส้นท่อจริงๆ เทียบกับฝนห่าหนึ่งๆ มาตรการนี้จึงดูมีแนวทางการประยุกต์ใช้ประเทศได้ค่อนข้างน้อยเช่นกัน ถ้าผู้สนใจมีข้อมูลเพียงพอก็อาจสร้างยูนิตไฮโดรกราฟนี้ได้เอง

คาบเวลาและความเข้มของฝนที่ใช้การคำนวณสูตร

ดังนี้

$$t_c = t_0 - t_d$$

เมื่อ t_c = เวลาในการรวมตัวของน้ำท่า, นาที

t_0 = เวลาในการไหลของน้ำบนผิวดิน, นาที

t_d = เวลาในการไหลในท่อหรือร่องน้ำ, นาที

$$t_0 = \frac{1.8\,(1.1 - C)\,L^{0.50}}{S^{0.33}}$$

เมื่อ S = ความลาดของพื้นที่, เมตร/เมตร

C = ค่าสัมประสิทธิ์ของการไหล

L = ความยาวจากพื้นที่ระบายน้ำถึงท่อ, เมตร

เนื่องจากสูตรนี้เป็นสูตรที่ใช้ในการออกแบบรางระบายน้ำของสนามบินในประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งพื้นที่เป็นพื้นคอนกรีต มีลักษณะพื้นที่ใกล้เคียงกับพื้นที่โครงการวิจัยจึงนำจุดนี้มาใช้

เมื่อได้คาบเวลาแล้ว สามารถคำนวณหาความเข้มข้นของฝนออกแบบ โดยใช้ความสัมพันธ์ของความเข้มกับช่วงเวลา และความถี่ของฝน

สูตรคำนวณทางด้านชลศาสตร์

2.8 การตรวจสอบทางด้านชลศาสตร์

ใช้สูตรของแมนนิ่ง ดังนี้

$$Q = [1/n] AR^{(2/3)} S^{(1/2)}$$

เมื่อ Q = อัตราการไหล, ลบ.ม./วินาที

A = พื้นที่หน้าตัดของการไหล, ตร.ม.

R = รัศมีทางชลศาสตร์ของหน้าตัดการไหล, ม.

S = ความลาดชันของเส้นลาดพลังงาน, ม./ม.

N = สัมประสิทธิ์ของแมนนิ่ง (Manning's Coefficient)

ค่าสัมประสิทธิ์ของแมนนิ่ง (n) ใช้ 0.015 สำหรับพื้นที่ผิวที่เป็นคอนกรีตโดยตั้งสมมุติฐานว่าเป็นรางระบายน้ำตรง (มีมุมเบี่ยงไม่เกิน 5 องศา) และค่าความสูญเสีย (Minor Loss) ต่างๆ เช่นรอยต่อระหว่างรางกับบ่อพัก ถือว่าน้อยมาก จึงไม่นำมาคิด สำหรับพื้นที่หน้าตัดคลองดินใช้ค่าสัมประสิทธิ์ของแมนนิ่งเท่ากับ 0.025 – 0.030 ขึ้นกับสภาพของความขรุขระของท่อ

2.9 อัตราการไหลของปริมาตร (Volume Flow rate)

$$Q = AV \quad \text{ม.}^3/\text{วินาที}$$

เมื่อ Q = อัตราการไหลของปริมาตร, ม.^{3}/วินาที

A = พื้นที่ภาคตัดขวาง, ม.

V = ความเร็วการไหล, ม.^{2}/วินาที