บทที่ 5

การศึกษาปริมาณน้ำหลากที่ใช้ในการออกแบบ (Design Flood Studies)

5.01 กล่าวโดยทั่วไป

ปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่เกิดขึ้นที่ลุ่มน้ำแม่รำพัน ลุ่มน้ำสรีดภงส์ และที่บริเวณเมืองเก่าสุโขทัย ได้ทำการคาดคะเนจากการศึกษาปริมาณน้ำฝนสูงสุดที่อาจเกิดขึ้น (Probable Maximum Precipitation) แล้วประเมินค่าน้ำหลากที่อาจเกิดขึ้น (Probable Maximum flood)

เนื่องจากข้อมูลน้ำท่าในบริเวณลุ่มน้ำดังกล่าวไม่เคยมีการวัดและบันทึกเอาไว้เลย จึงต้องทำการคาดคะเนน้ำหลากจากน้ำฝน

5.02 การคาดคะเนปริมาณน้ำฝนสูงสุดที่อาจเกิดขึ้น

การคาดคะเนน้ำฝนสูงสุดที่อาจเกิดขึ้น (Probable Maximum Precipitation) ได้จากการศึกษาสภาพทางอุตุนิยมวิทยาของบริเวณภาคเหนือของประเทศไทย และศึกษาปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนที่อยู่ใกล้เคียงลุ่มน้ำที่ใช้ในการวิจัย ซึ่งมีบันทึกเอาไว้แล้ว

5.2.1 สภาพทางอุตุนิยมวิทยา

ลักษณะภูมิอากาศทางภาคเหนือของประเทศไทย แบ่งได้เป็น 2 ฤดู คือ ฤดูแล้ง และฤดูฝน ฤดูแล้งเริ่มจากเดือนตุลาคม หรือพฤศจิกายน ถึงเดือนมีนาคม หรือเมษายน เนื่องจากในช่วงเวลานี้มีลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งพัดมาจากดินแดนไซบีเรียตอนส่วนบนของทวีปเอเชียพัดผ่าน ทำให้มีปริมาณฝนตกน้อยมาก แต่อย่างไรก็ตามอาจเกิดฝนตกหนักได้เหมือนกันแต่จะเกิดในช่วงเวลาสั้น ๆ (short duration) และเกิดเฉพาะแห่งเท่านั้น ทั้งนี้เนื่องจากความร้อนของแสงแดดตอนเที่ยงวันเป็นเหตุให้ลมจากทะเลซึ่งมีความชุ่มชื้นพัดเข้าสู่ฝั่งและทำให้มีฝนตกได้

ในช่วงเดือนมีนาคม และเมษายน เป็นช่วงที่มีอากาศร้อนที่สุดซึ่งจะทำให้ลมที่พัดมาจากทางทิศใต้มีความถี่สูงขึ้นเรื่อย ๆ ในขณะเดียวกันความชื้นใน

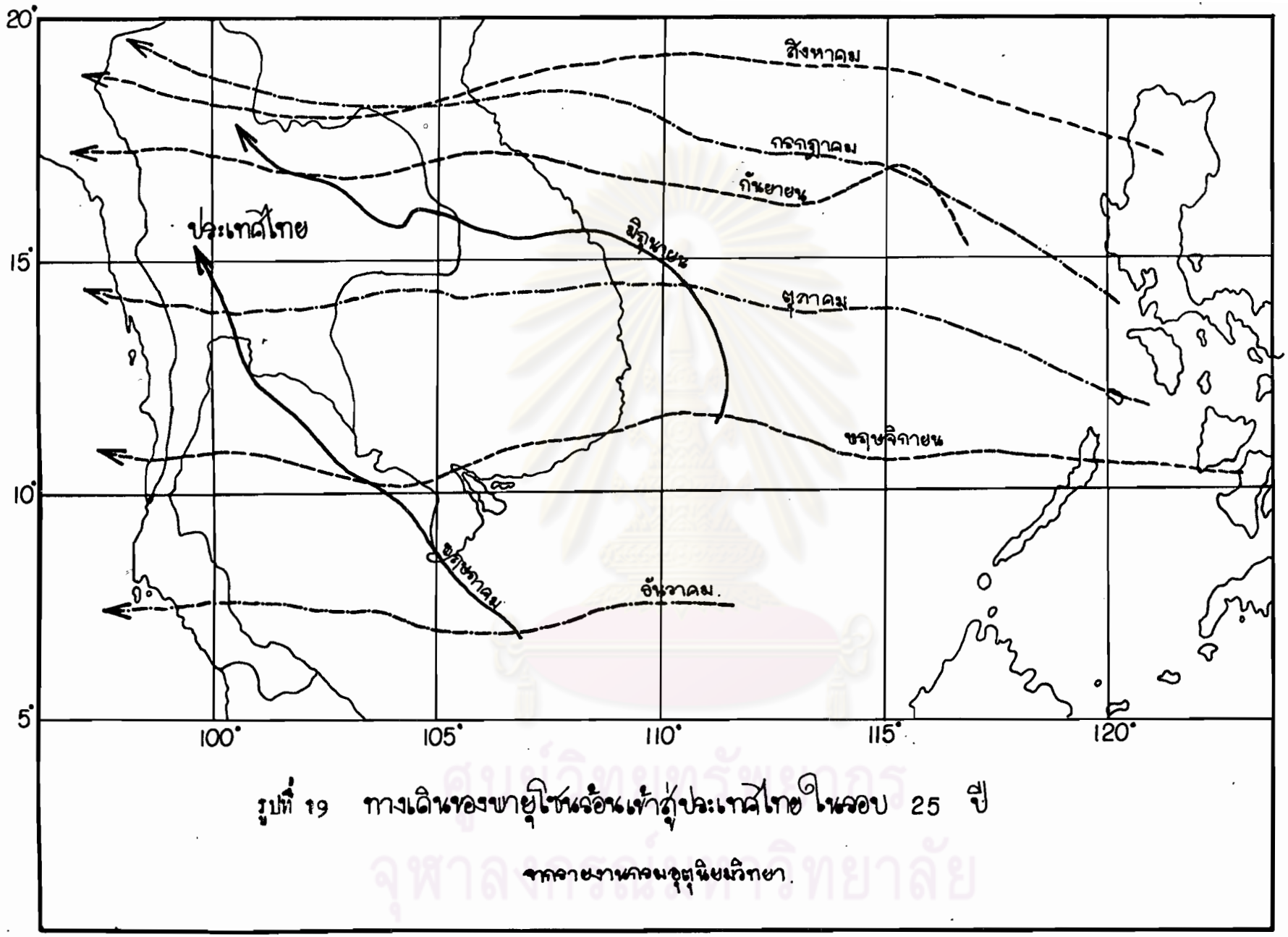
บรรยากาศซึ่งถูกพัดมาจากอ่าวไทย ก็จะมีปริมาณสูงขึ้นเรื่อย ๆ เช่นกัน จะเห็นได้จากการสำรวจปริมาณน้ำฝนจะเริ่มมีความถี่สูงขึ้น

ในเดือนพฤษภาคม จะเริ่มมีลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดผ่าน ทั้งนี้เนื่องจากในช่วงเดือนพฤษภาคม ถึงตุลาคม จะเกิดหย่อมความกดอากาศต่ำบริเวณใจกลางทวีปเอเชีย ดังนั้นจะมีลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งมีแหล่งกำเนิดในมหาสมุทรอินเดีย ลมนี้เป็นลมร้อนและชุ่มชื้นมีไอน้ำมากจะพัดเข้าสู่ทางภาคเหนือของประเทศไทย และทำให้มีฝนเกือบทั่วบริเวณเป็นเวลายาวนาน โดยเฉพาะบริเวณที่อยู่ชายฝั่งและเทือกเขาด้านรับลมจะมีฝนตกมากกว่าบริเวณอื่น จะสังเกตได้ว่าในเดือนกันยายนจะมีฝนตกมากที่สุด

ระหว่างเดือนสิงหาคม กันยายน และตุลาคม เป็นระยะเวลาที่อากาศตอนบนที่ปกคลุมบริเวณภาคเหนือของประเทศซึ่งมีความหนาแน่นสูงสามารถแผ่กระจาย ทำให้เกิดสนามลมเหนือบริเวณทั้งหมดของเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ทำให้เกิดการเคลื่อนตัวของลมไต้ฝุ่น (Typhoon) หรือ ลมพายุโซนร้อน (Tropical depression) ในทะเลจีนใต้ เส้นแนวบรรจบที่ลมไต้ฝุ่นหรือลมพายุโซนร้อนขณะเคลื่อนตัวเข้ามาในภาคพื้นทวีปกับลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งมีกำลังอ่อนจะปรากฏอยู่เหนืออาณาบริเวณของประเทศอินเดีย โดยเรียกเส้นแนวบรรจบนี้ว่า "The inter tropical convergence zone" การเคลื่อนตัวของลมนี้เป็นเหตุให้เกิดฝนตกหนักมาก ๆ เป็นเวลา 2 – 3 วัน เหนือบริเวณภาคเหนือของประเทศไทย แต่อย่างไรก็ตามอัตราการตกและช่วงเวลาของการตกของฝนขึ้นอยู่กับอัตราการเคลื่อนตัวของลมไต้ฝุ่นหรือพายุโซนร้อน โดยจะเคลื่อนตัวเข้าสู่ฝั่งเวียตนามและเคลื่อนตัวมาทางทิศตะวันตกเรื่อย ๆ (ดูแผนที่รูปที่ 19 หน้า 51 ประกอบ) ถ้าหากมีการเคลื่อนตัวในอัตราเร็วสูงก็ยิ่งจะทำให้มีฝนตกหนักและมีอัตราการตกสูงมากขึ้น แต่ช่วงเวลาการตกก็ยังคงไม่นานกว่า 2 – 3 วัน ในทางตรงข้ามถ้าการเคลื่อนตัวของลมไต้ฝุ่นหรือพายุโซนร้อนมีอัตราเร็วต่ำก็จะทำให้มีปริมาณฝนตกไม่หนักและอัตราการตกก็ต่ำลงด้วย

5.2.2 การหาค่าน้ำฝนเฉลี่ยสูงสุด

การวิเคราะห์นี้กระทำได้เมื่อไม่มีผลกระทบของสภาพภูมิอากาศ เนื่องจากมีการบรรจบกันระหว่างลมไต้ฝุ่นหรือลมพายุโซนร้อนกับลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้



รูปที่ 19 ทางเดินของพายุไซโคลนเข้าสู่ประเทศไทย ในรอบ 25 ปี

จากรายงานกองอุตุนิยมวิทยา.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เหนืออาณาบริเวณพื้นที่รับน้ำฝนใด ๆ ที่ทำการวิเคราะห์ สิ่งที่จะต้องทำคือการเขียนแผนที่แสดงเส้นแนวน้ำฝนเท่ากับ (Isohyetal Maps) ขึ้น และคำนวณหาค่าน้ำฝนเฉลี่ยสูงสุดในรอบปีต่าง ๆ พร้อมกับวัดพื้นที่รับน้ำฝน

ค่าเฉลี่ยและพื้นที่รับน้ำฝน สำหรับฝน 1 – 3 วัน ในรอบ 5, 20, 100 ปี ได้ได้ไว้ในตารางที่ 5

ตารางที่ 5

ค่าน้ำฝนเฉลี่ยสูงสุด และพื้นที่รับน้ำ

ลุ่มน้ำ	พื้นที่ ตร. กม.	รอบปี ปี	น้ำฝนเฉลี่ยสูงสุด, ม.ม.		
			1 วัน	2 วัน	3 วัน
แม่รำพัน	1043.75	5	97.27	125.90	143.72
		20	130.67	163.16	184.17
		100	156.12	202.54	228.31
สริดภงส์	10.00	5	99.53	123.81	138.55
		20	118.07	155.79	174.34
		100	144.28	190.12	211.31
เมืองเก่าสุโขทัย	23.07	5	99.53	123.81	138.55
และบริเวณเชิงเขา		20	118.07	155.79	174.34
ประทักษ์		100	144.28	190.12	211.31

5.2.3 ปริมาณน้ำฝนสูงสุด

เพื่อที่จะได้ค่าน้ำฝนสูงสุดที่อาจเกิดขึ้น (Probable Maximum Precipitation) ซึ่งต้องรวมความชื้นในบรรยากาศที่ถูกแปลงค่ามาเป็นหยาดน้ำฟ้าแล้วตกมาเป็นฝนด้วย

ค่าความชื้นที่เปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ (moisture variable) หรือปริมาณไอน้ำในบรรยากาศที่จะรวมตัวเป็นฝน (Precipitation Water Content) สามารถประมาณค่าได้จาก surface dew point โดยใช้ตารางของ United States Weather Bureau ซึ่งมีสมมุติฐานว่าทุกชั้นของบรรยากาศถือว่าเป็นไอน้ำอิ่มตัว (saturate) นี่คือข้อสมมุติฐานที่ใช้ได้ดีในช่วงที่มีลมมรสุมในประเทศไทย

ประสิทธิภาพในการแปลงค่าความชื้นรวมกับหยาดน้ำฟ้ามาเป็นน้ำฝนสูงสุดเป็นการคำนวณอย่างง่าย ๆ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วต้องสมมุติว่าพายุฝนที่ได้จากการสำรวจส่วนใหญ่เกิดจากปริมาณของหยาดน้ำฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูงสุด ขนาดของพายุฝนเหล่านี้ถูกจัดให้เป็นไปตามการประมาณค่าไอน้ำสูงสุดในบรรยากาศที่อาจเกิดขึ้น (Probable Maximum Precipitation Water Content) เพื่อที่จะให้ค่าน้ำฝนสูงสุดที่อาจเกิดขึ้น (Probable Maximum Rainfall)

ในการศึกษาลักษณะทางกายภาพตามเอกสารอ้างอิงหมายเลข (7) พบว่าพิกัดสูงสุด (upper limit) ของความชื้นของก้อนอากาศขณะที่มีลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้อาจหาได้จากพิกัดสูงสุด (upper limit) ของอุณหภูมิเหนือผิวน้ำทะเลในอ่าวเบงกอล ซึ่งจากการศึกษาพบว่าร้อยละ 95 ของอุณหภูมิที่วัดได้ที่บริเวณชายฝั่งของประเทศพม่าในเดือนกันยายน มีค่าประมาณ 29.5 องศาเซลเซียส (พิกัดสูงสุดประมาณ 29.5 องศาเซลเซียส) และค่าปริมาณไอน้ำในบรรยากาศมีค่าประมาณ 12.2 เซนติเมตร สำหรับค่า 12.2 เซนติเมตร นี้ละอองน้ำบางส่วนอาจจะสูญเสียไปเนื่องจากสภาพภูมิประเทศ คือ กาจทำให้ตกลงมาเป็นฝนตรงบริเวณเทือกเขาแถบแนวพรมแดนระหว่างพม่ากับไทย ซึ่งตะเนว่ามีความสูงเฉลี่ยประมาณ 1000 เมตร การสูญเสียนี้ประมาณ 2.7 เซนติเมตร ของปริมาณไอน้ำในบรรยากาศที่อาจเกิดขึ้น ดังนั้นจะเหลือเป็นละอองน้ำมาปรากฏเหนือบริเวณภาคเหนือของประเทศไทยประมาณ 9.5 เซนติเมตร แล้วตกลงมาเป็นฝนสูงสุด เรียกว่า ค่าน้ำฝนสูงสุดที่อาจเกิดขึ้น (Probable Maximum Rainfall)

ค่าน้ำฝนสูงสุดที่อาจเกิดขึ้นในรอบปีต่าง ๆ ก็คือค่าน้ำฝนเฉลี่ยสูงสุดดังแสดงไว้ในตารางที่ 5 หน้า 52

5.03 ค่าน้ำหลากที่อาจเกิดขึ้น (Probable Maximum Flood)

ปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเกิดขึ้นในลุ่มน้ำแม่รำพัน สรีดภงส์ และเมืองเก่าสุโขทัย ได้แสดงไว้ในรูปที่ 23,24 และ 25 หน้า 61,62 และ 63 ตามลำดับ ค่าน้ำหลากสูงสุดที่อาจเกิดขึ้นนี้คาดคะเนได้จากรูปหน่วยไฮโดรกราฟฉับพลันและปริมาณน้ำฝนสูงสุดที่อาจเกิดขึ้นเหนือลุ่มน้ำเหล่านั้น ดังได้อธิบายไว้ในหัวข้อ 5.2.3 หน้า 52

5.3.1 รูปหน่วยไฮโดรกราฟฉับพลันของลุ่มน้ำที่จะเป็นสาเหตุให้เกิดน้ำท่วมที่สุโขทัยเก่า

เนื่องจากยังไม่เคยมีการศึกษารูปไฮโดรกราฟน้ำหลาก (Flood Hydrograph) สำหรับลุ่มน้ำแม่รำพัน ลุ่มน้ำสรีดภงส์ และเมืองเก่าสุโขทัยมาก่อนเลย จึงต้องทำการคาดคะเนน้ำหลากสูงสุดที่อาจเกิดขึ้นในลุ่มน้ำดังกล่าวจากปริมาณน้ำฝน โดยการหารูปหน่วยไฮโดรกราฟฉับพลันของน้ำฝนตามวิธีต่อไปนี้

1. คาดคะเนเวลาเกิดน้ำหลากสูงสุดในลุ่มน้ำ จากสูตรของ Komsartra, 2512 ซึ่งให้ไว้ในสมการที่ 1 หน้า 8
2. เขียนเส้นแสดงเวลาเท่ากันในการเกิดน้ำหลากสำหรับลุ่มน้ำ (isochrone) ในการวิจัยนี้ได้แบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำด้วยเส้นแสดงเวลาเท่ากันเป็น m ส่วน โดยมีหลักว่า ให้เกิดน้ำหลากสูงสุดเมื่อปริมาณน้ำจากจุดไกลสุดของพื้นที่ลุ่มน้ำเดินทางมาถึงจุดที่น้ำหลากออกจากลุ่มน้ำ แล้วใช้สมการต่อไปนี้

$$Q_p = \sum_{v=1}^{m} j_v P_{m-v+1} \qquad \text{----------(34)}$$

เมื่อ Q_p เป็นปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่เกิดขึ้นในลุ่มน้ำ

$P_1, P_2 -- P_m$ เป็นพื้นที่ลุ่มน้ำที่ถูกแบ่งออกเป็นส่วนที่ 1 จนถึงส่วนที่ m ตามลำดับ

$j_1, j_2 \cdots j_m$ เป็นอัตราการตกของฝนเหนือบริเวณลุ่มน้ำที่ถูกแบ่งเป็น
ส่วนที่ 1 จนถึงส่วนที่ ตามลำดับ

3. rout โดยวิธีของ Muskingum ในกรณีของรูปหน่วยไฮโดร-กราฟฉับพลัน (t = o) เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ของการกักเก็บ k, (Coefficient of Storage) ซึ่งมีสมการดังต่อไปนี้

$$k = \frac{s}{Q_p} \qquad \text{----------(35)}$$

เมื่อ k เป็นสัมประสิทธิ์ของการกักเก็บ

s เป็นปริมาณการกักเก็บซึ่งเท่ากับ 1 หน่วยความสูงของฝน

Q_p เป็นปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่เกิดขึ้นในลุ่มน้ำ

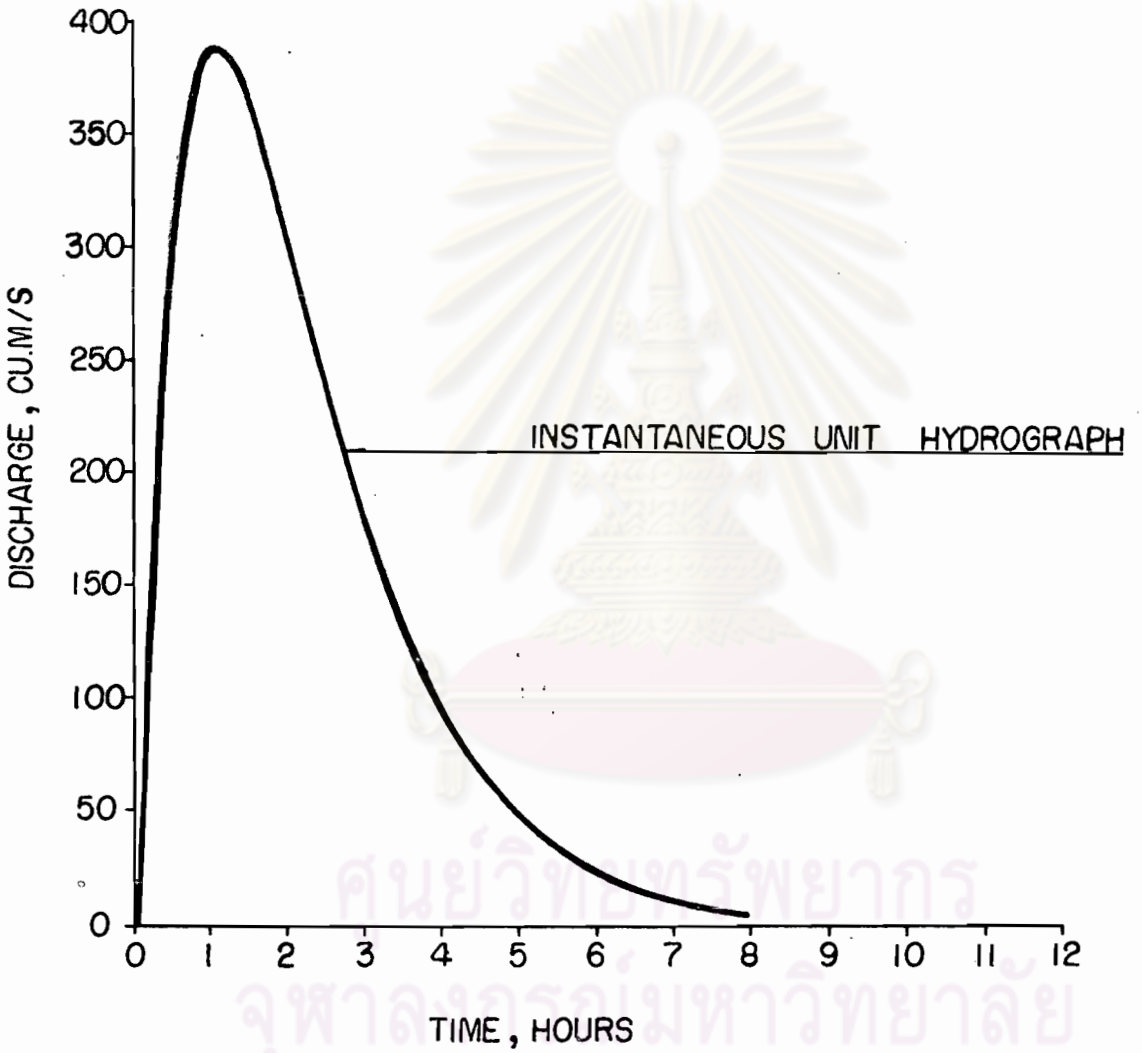
4. หารูปหน่วยไฮโดรกราฟฉับพลัน ตามวิธีของ Nash, 1957 สำหรับค่าอ่างเก็บน้ำ m แห่ง ซึ่งให้ไว้ในสมการที่ 21 หน้า 38 รูปหน่วยไฮโดรกราฟฉับพลันสำหรับลุ่มน้ำแม่รำพัน ลุ่มน้ำสรีดภงส์ และเมืองเก่าสุโขทัยได้แสดงไว้ในรูปที่ 20, 21 และ 22 หน้า 56, 57 และ 58 ตามลำดับ

5.3.2 รูปหน่วยไฮโดรกราฟปกติของลุ่มน้ำที่จะเป็นสาเหตุให้เกิดน้ำท่วมที่สุโขทัยเก่า

รูปหน่วยไฮโดรกราฟปกติของลุ่มน้ำแม่รำพัน ลุ่มน้ำแม่รำพัน ลุ่มน้ำสรีดภงส์ และบริเวณเมืองเก่าสุโขทัย ได้จากการแปลงค่ารูปหน่วยไฮโดรกราฟฉับพลันของลุ่มน้ำดังกล่าวโดยวิธีของ S-curve ตามหัวข้อ 4.05 หน้า 39

5.3.3 ค่าน้ำฝนสูงสุดที่ใช้ในการออกแบบ (Maximum Design Storm)

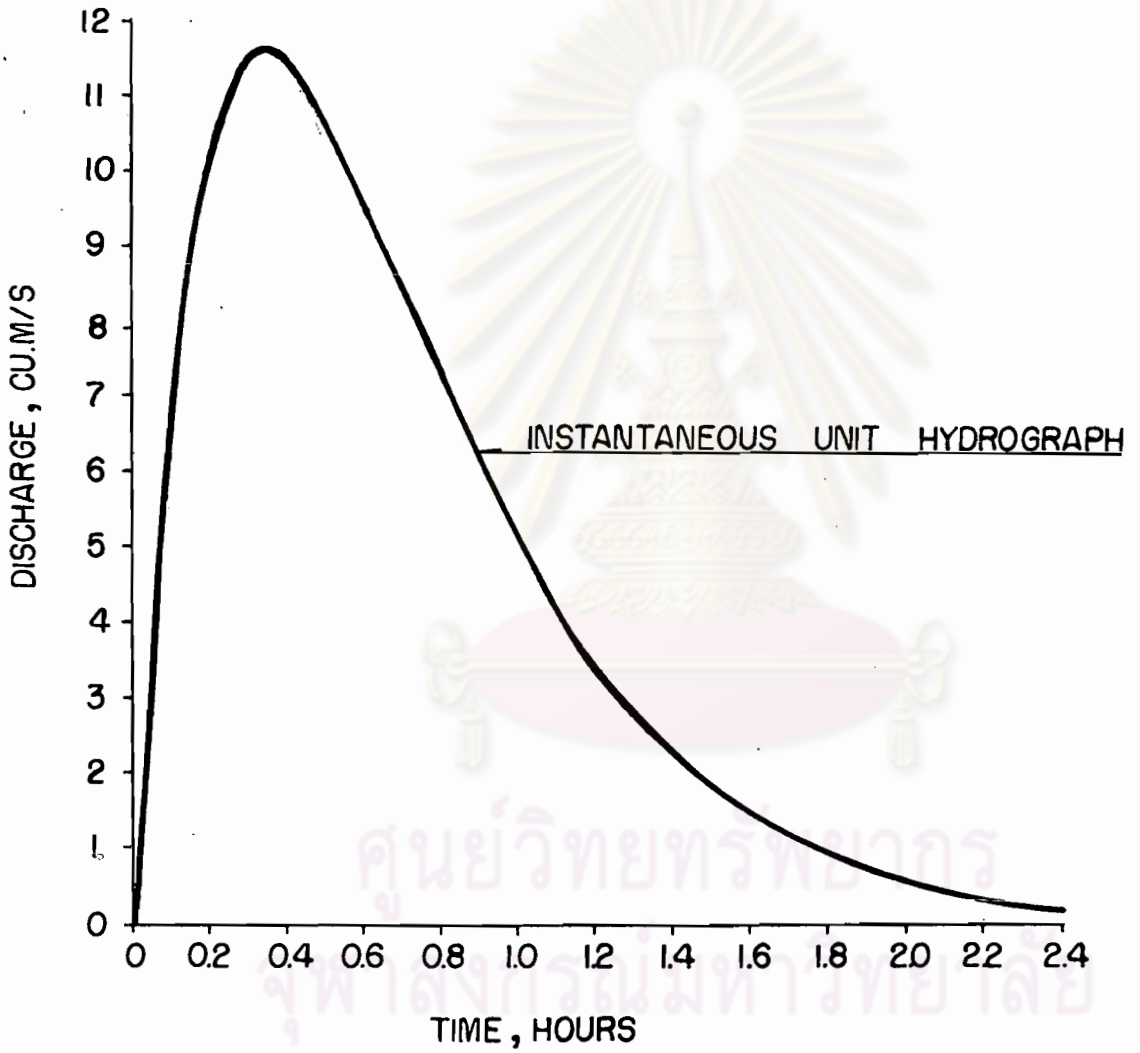
เนื่องจากค่าน้ำฝนสูงสุดที่ใช้ในการออกแบบได้จากฝน 24 ชั่วโมง ของฝนเฉลี่ยสูงสุด 1, 2 และ 3 วันที่รอบ 100 ปี (100years frequency storm) ซึ่งได้จากการเขียนเส้นแนวน้ำฝนเท่ากัน (isohyetal maps) ดูรูปที่ ค – 22 ถึง ค – 41 หน้า 115 ถึง 134 ประกอบ เพื่อให้สอดคล้องกับ



รูปที่ 20 INSTANTANEOUS UNIT HYDROGRAPH (I.U.H)

MAERUMPAN BASIN

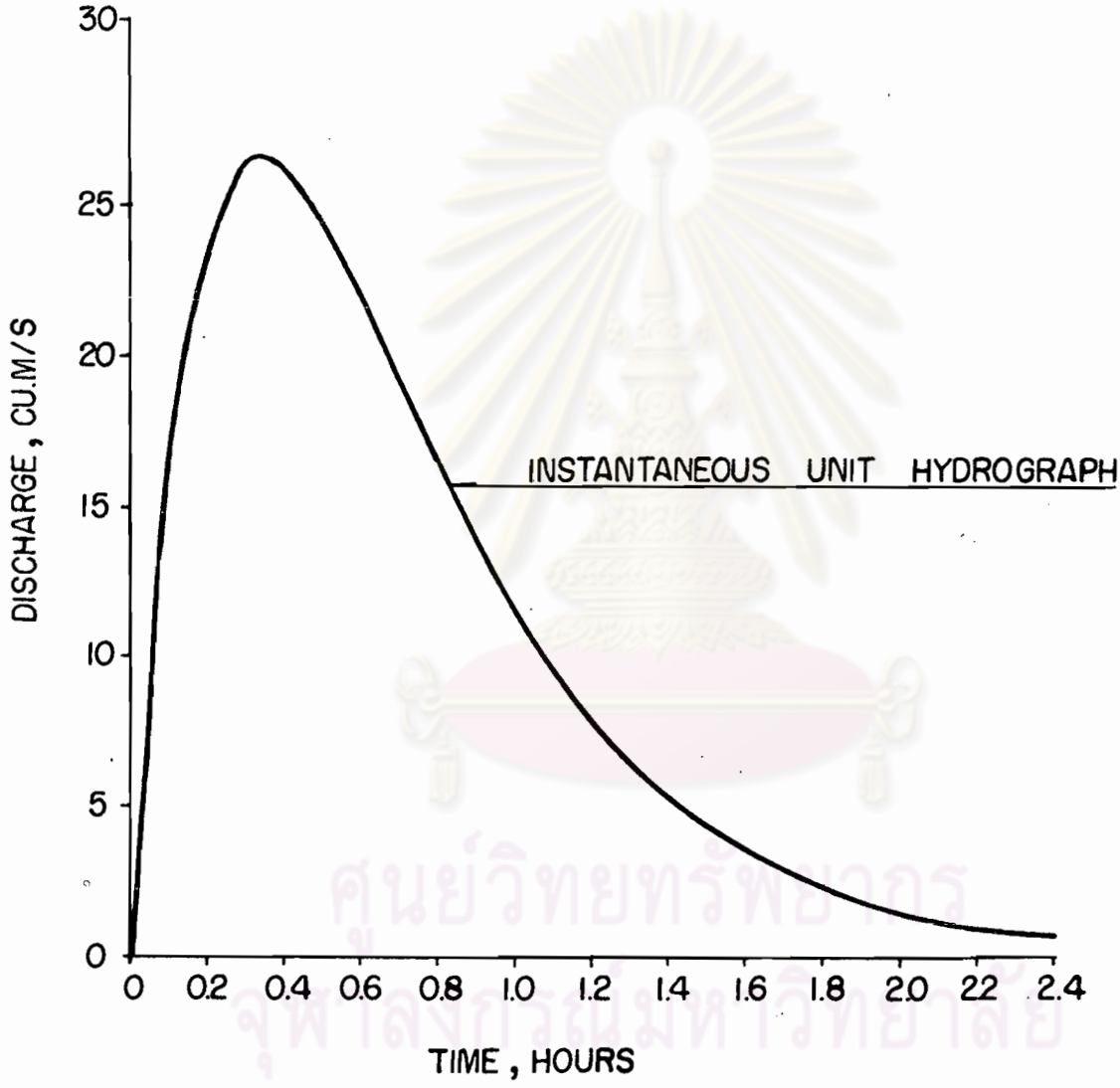
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 21 INSTANTANEOUS UNIT HYDROGRAPH (I.U.H)

SARIDPONG BASIN

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 22 INSTANTANEOUS UNIT HYDROGRAPH (I.U.H)

OLD SUKHOTHAI CITY

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เวลาที่เกิดน้ำหลากสูงสุดของลุ่มน้ำ จึงต้องแปลงค่าน้ำฝนนี้โดยใช้ตารางที่ 6

ตารางที่ 6
ค่าสัมประสิทธิ์ในการแปลงค่าจากฝน 24 ชั่วโมง

ช่วงเวลาตก ช.ม.	1/2	1	2	3	6	12	24	หมายเหตุ
อัตราส่วนเทียบกับฝนตกใน 24 ช.ม.	0.514	0.657	0.755	0.814	0.893	0.947	1	หามาจากฝนที่วัดได้รวม 1014 ครั้ง

ค่าน้ำฝนที่ใช้ในการออกแบบซึ่งแปลงค่าจากฝน 24 ชั่วโมงแล้วสำหรับลุ่มน้ำแม่รำพัน ลุ่มน้ำสรีดภงส์ และบริเวณเมืองเก่าสุโขทัย ให้ไว้ในตาราง ที่ 7 หน้า 60

เมื่อนำรูปแบบ (pattern) ของพายุฝนที่ใช้ในการออกแบบแต่ละลูกมาจัดเรียงใหม่ โดยคิดเป็นส่วนเพิ่มของฝนเมื่อเวลาเกิดน้ำหลากสูงสุด ซึ่งในการเรียงฝนส่วนเพิ่มนี้กระทำโดยการ trial & error เพื่อให้ได้ค่าน้ำหลากสูงสุดที่อาจเกิดขึ้น (Probable Maximum flood)

รูปแบบของพายุฝน (storm pattern) ที่ได้จัดเรียงไว้แล้ว สำหรับลุ่มน้ำแม่รำพัน ลุ่มน้ำสรีดภงส์ และบริเวณเมืองเก่าสุโขทัย ให้ไว้ในตาราง ที่ 8 และ 9 หน้า 60

ตารางที่ 7

ค่าน้ำฝนที่ใช้ในการออกแบบสำหรับลุ่มน้ำ ที่แปลงค่ามาจากฝน 24 ชั่วโมง

ลุ่มน้ำแม่รำพัน			ลุ่มน้ำสรีดภงส์และเมืองเก่าสุโขทัย		
ฝนสูงสุด 11 ช.ม.	ฝนสูงสุด 22 ช.ม.	ฝนสูงสุด 33 ช.ม.	ฝนสูงสุด 3 ชั่.ป.	ฝนสูงสุด 6 ชั่.ป.	ฝนสูงสุด 9 ชั่.ป.
146.440	189.980	214.150	117.443	154.757	172.006

ตารางที่ 8

ค่าน้ำฝนสูงสุดที่ใช้ในการออกแบบของลุ่มน้ำแม่รำพัน

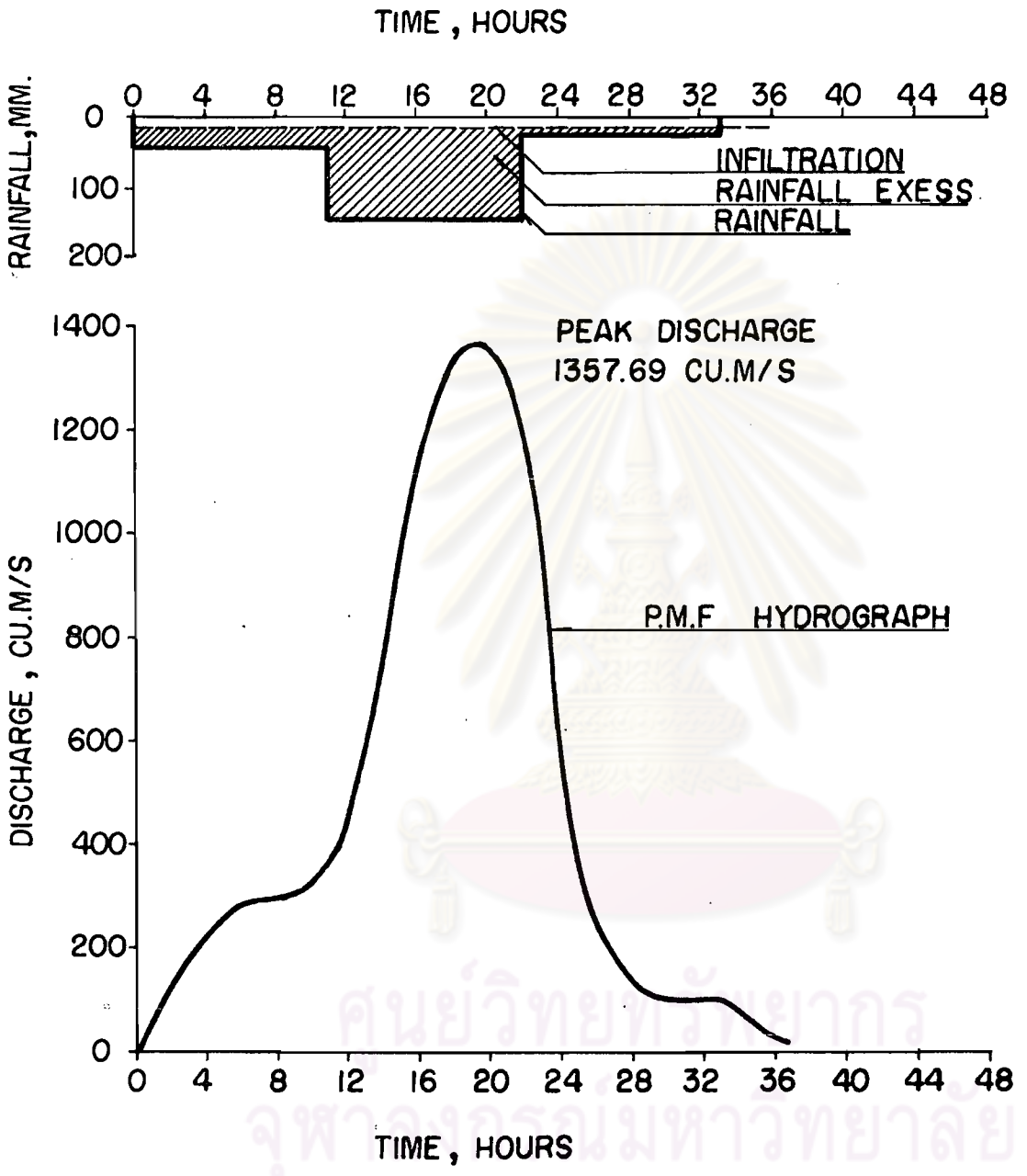
ช่วงเวลาฝนตก (ช.ม.)	ปริมาณน้ำฝนสูงสุด (ม.ม.)	ปริมาณน้ำฝนที่เพิ่มขึ้นราย 11 ช.ม. (ม.ม.)	รูปแบบของพายุฝนที่จัดเรียงแล้ว (ม.ม.)
11	146.440	146.440	43.540
22	189.980	43.540	146.440
33	214.150	24.170	24.170

ตารางที่ 9

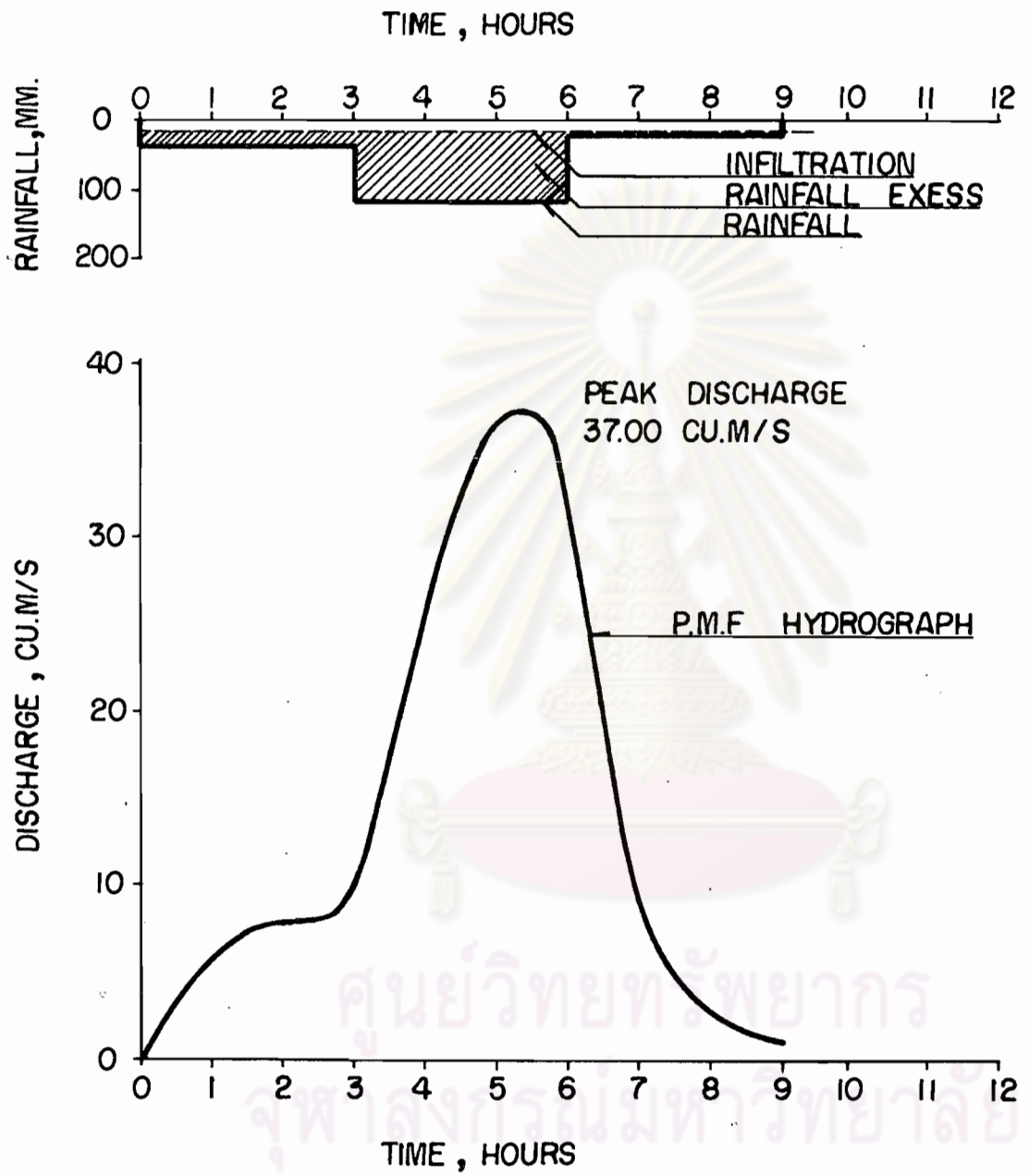
ค่าน้ำฝนสูงสุดที่ใช้ในการออกแบบของลุ่มน้ำสรีดภงส์และเมืองเก่าสุโขทัย

ช่วงเวลาฝนตก (ช.ม.)	ปริมาณน้ำฝนสูงสุด (ม.ม.)	ปริมาณน้ำฝนที่เพิ่มราย 3 ช.ม. (ม.ม.)	รูปแบบของพายุฝนที่จัดเรียงแล้ว (ม.ม.)
3	117.443	117.443	37.314
6	154.757	37.314	117.443
9	172.006	17.249	17.249

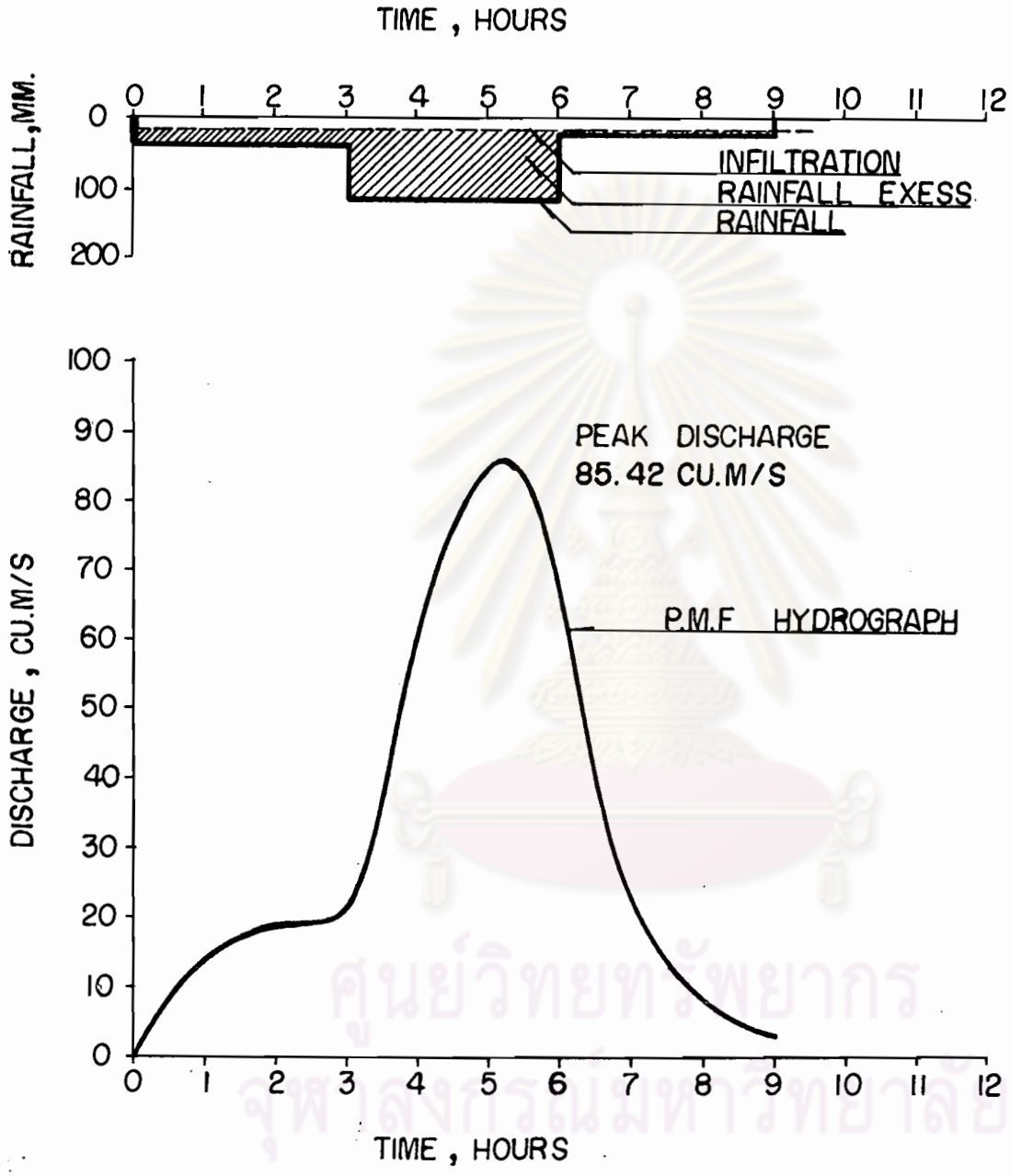
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 23 PROBABLE MAXIMUM FLOOD HYDROGRAPH (P.M.F)
FOR THE 100 YEARS FREQUENCY STORM
MAERUMPUN BASIN



รูปที่ 24 PROBABLE MAXIMUM FLOOD HYDROGRAPH (P.M.F)
FOR THE 100 YEARS FREQUENCY STORM
SARIDPONG BASIN



รูปที่ 25 PROBABLE MAXIMUM FLOOD HYDROGRAPH (P.M.F)

FOR THE 100 YEARS FREQUENCY STORM

OLD SUKHOTHAI CITY

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย