การไหลที่เปลี่ยนแปลงความลึกเนื่องจากฝนที่ตกสม่ำเสมอบนหลังคาโลหะลูกฟูก

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นาย ประทีป พวงลัดดา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2533

ISBN 974-578-100-2

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

017864 i17383040

Spatially Varied Flow due to Uniform Rainfall

on Corrugated Metal Roof

Mr. Prateep Puangladda

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Civil Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1990

ISBN 974-578-100-2

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การไหลที่เปลี่ยนแปลงความลึกเนื่องจากฝนที่ตกสม่ำเสมอบนหลังคาไลหะลูกฟูก
โดย	นาย ประทีป พวงลัดดา
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.สุรวุฒิ ประดิษฐานนท์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร.ถาวร วัชราภัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ธำรง เปรมปรีดี)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุจริต คูณธนกุลวงศ์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมบูรณ์ ลุวีระ)

.....กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุรวุฒิ ประดิษฐานนท์)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

พระมหากษัตริย์ สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประทีป พวงลัดดา : การไหลที่เปลี่ยนแปลงความลึกเนื่องจากฝนที่ตกสม่ำเสมอบนหลังคาโลหะลูกฟูก (SPATIALLY VARIED FLOW DUE TO UNIFORM RAINFALL ON CORRUGATED METAL ROOF) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร.สุรวุฒิ ประดิษฐานนท์,122 หน้า ISBN 974-578-100-2

ปัญหาหนึ่งที่พบในการออกแบบหลังคาโลหะลูกฟูก ก็คือการเลือกความลาดเอียงที่เหมาะสม เพื่อให้แน่ใจถึงขีดความสามารถในการระบายน้ำฝน ดังนั้นการศึกษาความสัมพันธ์ของความเข้มฝน ความยาวแผ่นมุง และมุมความลาดเอียงของแผ่นหลังคา รวมถึงคุณสมบัติทางชลศาสตร์ของแผ่นโลหะลูกฟูกจึงเป็นสิ่งจำเป็น เพื่อช่วยให้การออกแบบหลังคาที่ใช้วัสดุประเภทนี้ดีขึ้น

การศึกษาการไหลของน้ำฝนบนหลังคาโลหะลูกฟูกได้กระทำขึ้นทั้งทางทฤษฎีและการทดลอง การศึกษาทางทฤษฎีประกอบด้วยการพัฒนาสมการควบคุมการไหลด้วยหลักการการอนุรักษ์มวลและโมเมนตัม และการคำนวณระดับผิวน้ำตามยาว การพัฒนาสมการควบคุมได้รวบรวมเอาผลของแรงต่าง ๆ ที่กระทำต่อปริมาตรควบคุมได้แก่ แรงเนื่องจากน้ำหนักของน้ำเอง แรงเสียดทานที่ผิวสัมผัส และเนื่องจากความดัน การคำนวณระดับผิวน้ำได้ใช้วิธีอินทิเกรทหางตัวเลขและพบว่าตำแหน่งหน้าตัดวิกฤตเกิดขึ้นที่ระยะกระชั้นชิดกับด้านต้นน้ำ มีการไหลได้วิกฤตในช่วงระยะสั้น ๆ ทางด้านต้นน้ำ ส่วนด้านท้ายน้ำที่เหลือเป็นการไหลเหนือวิกฤต

การทดลองได้เลือกหลังคาแผ่นเหล็กสองชนิดคือ W600 และ W750 ความยาว 16.00 เมตร ที่ผลิตขายในท้องตลาดมาทำการทดลองกับเครื่องมือจำลองฝนที่สร้างขึ้น โดยกระทำการทดลองกับฝนจำลองที่ความเข้มต่าง ๆ กัน 4 ระดับ คือ 300 400 500 และ 600 มม/ชม. โดยทำการแปรผันมุมความลาดเอียงต่าง ๆ กัน 3 ค่า คือ 0.5 1.0 และ 1.5 องศา รวมการทดลองทั้งสิ้น 24 ครั้ง

ผลลัพธ์จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าความลึกการไหลจริงจากการทดลองสอดคล้องได้ดีกับการคำนวณ ซึ่งเป็นการยืนยันว่าสมมุติฐานที่ใช้ประกอบการวิเคราะห์ไม่ได้ก่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนนัก รวมถึงการใช้ค่าคงที่ของสัมประสิทธิ์แมนนิงในสูตรความเสียดทานของการไหลสม่ำเสมอ นอกจากนั้นยังไม่สามารถสังเกตุช่วงที่เกิดการได้วิกฤตได้จากการทดลอง และยังสรุปได้ว่าการไหลบนหลังคาโลหะลูกฟูกเป็นการไหลเหนือวิกฤต ความลึกการไหลด้านต้นน้ำมีค่าใกล้ศูนย์ และเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงแรก หลังจากนั้นความลึกการไหลจะเพิ่มอย่างช้า ๆ จนเกือบคงที่ และการตกอิสระที่ปลายไม่มีผลต่อความลึกการไหล

ผลจากการศึกษาทางทฤษฎีพบว่าสมการควบคุมการไหลตามระยะทางยังไม่มีวิธีวิเคราะห์โดยตรง การคำนวณต้องเริ่มต้นที่หน้าตัดวิกฤตก่อน แล้วเริ่มคำนวณไปตามทางน้ำสำหรับการไหลเหนือวิกฤต และคำนวณย้อนกลับสำหรับการไหลได้วิกฤตไปหาด้านต้นน้ำ สำหรับความลึกการไหลที่ยาวออกได้คำนวณโดยใช้ความสัมพันธ์ที่พัฒนาขึ้น และได้สร้างแผนภูมิความสัมพันธ์ความเข้มฝน ความยาวแผ่นมุงหลังคาและมุมความลาดเอียงสำหรับความลึกการไหลสูงสุด เพื่อนำไปใช้ออกแบบหลังคาแผ่นโลหะลูกฟูก

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2533 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

PRATEEP PUANGLADDA : SPATIALLY VARIED FLOW DUE TO UNIFROM RAINFALL CURRUGATED METAL ROOF. THESIS ADVISOR : ASSO.PROF.SURAVUTH PRATISHTHANANDA, Ph.D. 122 pp.

One of the problems in designing the corrugated metal roof is the selection of appropriate slope to ensure the drainage capability of the rain water off the roof without infiltration into roof sheet overlapping. This led to the necessity of studying the relation of rainfall intensity, roof length, slope of roof arrangement as well as hydraulic properties of the roof sheet for better design procedures.

The study of rainwater flow on corrugated metal roof was carried out both on theoretical and experimental basis. The theoretical studies are derivation of flow controlling equation and the calculation of the water surface profile. The derivation of controlling equation provides the effects of various forces on control volume, including gravitational, friction and unbalanced pressure forces. The calculation of water surface profile was elaborated by numerical integration method. It is found that the critical section was closed to its upstream end. The subcritical flow occured on infinitesimal length of upstream section while the rest of downstream section was supercritical flow.

Experiments were carried out using 2 roof types, namely W600 and W750 with 16 m.length, available in the local market with an artificial rainfall simulator. Twenty four experiments were carried out on 4 rainfall intensity, namely 300,400,500 and 600 mm/hr.and 3 different slopes of roof inclination, namely 0.5, 1.0 and 1.5 degrees.

The results from the experiments showed that the actual flow depths were well agreed with those by calculation. This confirmed that the assumptions used in the analysis did not cause appreciable errors, especially from contant Manning coefficient derived from uniform flow. Furthermore the subcritical flow regime could not be observed on the experiment while obserbations on flow in channel formed by corrugated metal roof were found to be supercritical flow. The flow depth developed rapidly in the first regime. Then, it increased gradually and almost attained constant depth along the run. The free end overfall did not affect the flow profile.

The results from theoretical study showed that there was no analytical technique to solve the controlling equation. The calculation of spatially varied folw must start form the control section and continued to the downstream direction for the supercrital flow while the subcritical was done back to upstream end. The flow depth for longer distance was calculated by using the relation formula developed and finally a chart of rainfall intensity, roof length and slope for maximum flow depth was developed for corrugated metal roof design.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา Civil Engineering ..... ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา Civil Engineering ..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 1990 ..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ธำรง เปรมปรีดิ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุจริต คูณธนกุลวงศ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมบูรณ์ ลุวีระ ซึ่งได้กรุณาเสียสละเวลาให้คำแนะนำและแก้-ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์ และโดยเฉพาะอย่างยิ่งรองศาสตราจารย์ ดร.สุรวุฒิ ประดิษฐานนท์ ซึ่งได้ช่วยให้คำปรึกษาและแนะนำข้อคิดเห็นต่าง ๆ ในการศึกษาวิทยานิพนธ์นี้มาโดยตลอด นอกจากนี้ ข้าพเจ้าใคร่ขอขอบพระคุณบรรดาคณาจารย์ในสาขาวิศวกรรมแหล่งน้ำทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประศาสน์วิชาความรู้ต่าง ๆ ทางด้านวิศวกรรมแหล่งน้ำให้แก่ข้าพเจ้า

อนึ่งข้าพเจ้าใคร่ขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัยที่ได้ให้ทุนอุดหนุนการค้นคว้าวิจัยในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ และบริษัทแมชชีน ดีไซน์ จำกัด บริษัท ศูนย์เหล็กสยาม จำกัดที่อนุเคราะห์วัสดุในการวิจัย

นอกจากนี้ข้าพเจ้าใคร่ขอขอบคุณ คุณ สุชาติ ชื่นกิจมงคล ที่ให้ข้อแนะนำ และข้อคิดเห็นต่าง ๆ ขอขอบคุณ นักศึกษาที่วิทยาลัยเทคนิคดุสิต ที่ได้ช่วยสร้างเครื่องมือทดลองและดำเนินการทดลองจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ขอขอบคุณบรรดาเพื่อน ๆ ที่ให้การสนับสนุนและกำลังใจในขณะทำวิทยานิพนธ์ และขอขอบคุณ คุณวารุณี โพธิ์เรือง และคุณสุรชัย กรีอักษร ที่ช่วยจัดพิมพ์วิทยานิพนธ์เล่มนี้จนสำเร็จบริบูรณ์

ท้ายนี้ ข้าพเจ้าใคร่ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ได้สนับสนุนให้ได้รับการศึกษามาตลอดและวิทยาลัยเทคนิคดุสิตที่ได้กรุณาอนุญาตให้ศึกษาต่อ จนกระทั่งข้าพเจ้าสามารถสำเร็จการศึกษาถึงขั้นนี้

ประทีป พวงลัดดา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พลเมืองดีกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

สารบัญเรื่อง

หน้า

ชื่อภาษาไทย ..... ก
ชื่อภาษาอังกฤษ ..... ข
หนังสืออนุมัติวิทยานิพนธ์ ..... ค
บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญเรื่อง ..... ช
สารบัญตาราง ..... ญ
สารบัญรูป ..... ฏ
รายชื่อสัญญลักษณ์ย่อ ..... ฏิ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา 2
1.3 การศึกษาที่ผ่านมา 3
1.4 ขอบข่ายการศึกษา 6
1.5 ขั้นตอนการศึกษา 7
1.6 ผลที่ได้รับจากการศึกษา 8
บทที่ 2 การพิจารณาฝนในประเทศไทย 9
2.1 ลักษณะฝนที่ตกในภาคกลางและภาคตะวันออก 10
2.2 ลักษณะฝนที่ตกในภาคเหนือ 10
2.3 ลักษณะฝนที่ตกในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 11
2.4 ลักษณะฝนที่ตกในภาคใต้ 11
2.5 การเลือกความเข้มฝนที่ใช้ในการออกแบบ 11
บทที่ 3 การพิจารณาทางทฤษฎี 15
3.1 การอนุมานสมการการไหลแบบอัตราการไหลเพิ่มตามระยะทาง..... 15
3.2 การคำนวณระดับน้ำตามยาว 28
3.3 การหาตำแหน่งบังคับวิธีเผื่อเลือก 36

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ 4 อุปกรณ์และวิธีการดำเนินการทดลอง 41
4.1 เครื่องมือทำฝนจำลอง 41
4.2 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง 44
4.3 ตัวประกอบในการออกแบบการทดลอง 44
4.4 ความลาดวิกฤต 46
4.5 การหาคุณสมบัติความต้านทานการไหล 49
4.6 วิธีการทดลองการไหลของน้ำฝนบนหลังคาโลหะลูกฟูก 50
บทที่ 5 ผลการทดลอง 54
5.1 ประสิทธิภาพของเครื่องมือจำลองฝน 54
5.2 ความต้านทานการไหลของแผ่นโลหะลูกฟูก 55
5.3 ความลึกการไหลเนื่องจากฝนที่ตกลงบนหลังคาโลหะลูกฟูก 57
5.4 พฤติกรรมการไหลของน้ำฝนบนหลังคาโลหะลูกฟูกจากการทดลอง 66
บทที่ 6 การวิเคราะห์ผลการทดลอง 67
6.1 ความสัมพันธ์ความลึกการไหลกับระยะทาง 67
6.2 ความลึกเริ่มต้นที่ด้านต้นน้ำ 68
6.3 การตรวจสอบความลึกการไหลจากการทดลองเปรียบเทียบกับการคำนวณ 69
6.4 การทำนายความลึกการไหลจากความสัมพันธ์ที่พัฒนาขึ้น 76
6.5 การสร้างความสัมพันธ์ความลึกการไหลและระยะทาง 78
บทที่ 7 บทสรุปและข้อเสนอแนะ 81
7.1 การดำเนินการทดลองการไหลบนหลังคาแผ่นเหล็กเนื่องจากฝน 81
7.2 คุณสมบัติต้านทานการไหลของแผ่นโลหะลูกฟูก 81
7.3 พฤติกรรมการไหลของน้ำฝนบนหลังคาโลหะลูกฟูก 82
7.4 การคำนวณความลึกการไหลเนื่องจากน้ำฝนที่ตกลงบนหลังคาโลหะลูกฟูก 82
7.5 ความสัมพันธ์ความลึกการไหลกับระยะทาง 84
7.6 การนำผลการศึกษาไปประยุกต์ใช้งาน 84
7.7 ข้อเสนอแนะการทำงานต่อไป 86
เอกสารอ้างอิง 87

ภาคผนวก ก ความสัมพันธ์ของความเข้มฝน คาบย้อนกลับและระยะเวลาที่ฝนตก
ในภูมิภาคต่าง ๆ ของประเทศไทย 90
ภาคผนวก ข ความสัมพันธ์ของพจน์ไร้หน่วย $\frac{my_o}{b^o}$ และ $\frac{Q.m^{1.5}}{g^{0.5}.b^{2.5}}$
สำหรับหาค่าความลึกวิกฤตที่มีค่าน้อย 108
ภาคผนวก ค แผนผังการทำนวณความลึกการไหลของการไหลเพิ่มตามระยะทาง 110
ภาคผนวก ง รายการคำสั่งโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการคำนวณการไหล
เพิ่มตามระยะทางและการไหลบนหลังคาโลหะลูกฟูก 114
ประวัติผู้ศึกษา 122

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 การไหลแปรผันตามระยะทางในสถานต่าง ๆ 2

1.2 ความยาวสูงสุดของแผ่นหลังคาสำหรับมุมความลาดเอียงและปริมาณน้ำฝนค่าต่าง ๆ ที่เคยศึกษาไว้โดย CSRIO 6

2.1 การเลือกคาบย้อนกลับเพื่อการออกแบบโดย Camp,Dresser & Mckee 12

3.1 อัตราการไหลเข้าด้านข้างเนื่องจากน้ำฝนบนหลังคาโลหะลูกฟูกที่ความเข้มต่าง ๆ 31

3.2 การคำนวณตำแหน่งหน้าตัดวิกฤตของการไหลของน้ำฝนบนหลังคา 32

3.3 การคำนวณความลึกการไหลในลอนหลังคาโลหะลูกฟูก 35

3.4 การคำนวณตำแหน่งหน้าตัดบังดับตามวิธีเผื่อเลือกของ Smith 40

4.1 ขนาดหน้าตัดของลอนโลหะลูกฟูกที่ใช้ทำรางน้ำในการศึกษา 42

4.2 ค่าตัวประกอบในการทดลองและในทางปฏิบัติจริง 46

4.3 การคำนวณความลาดวิกฤตของการไหลของน้ำบนหลังคาโลหะลูกฟูก 48

5.1 ความสม่ำเสมอการกระจายของเม็ดฝนของเครื่องมือจำลองฝน 54

5.2 ผลสัมประสิทธิ์แมนนิ่งธี่ของหลังคาโลหะลูกฟูกที่ได้จากการทดลอง 55

5.3 ผลการทดลองการหาค่าสัมประสิทธิ์แมนนิงของแผ่นหลังคาโลหะลูกฟูก W600 56

5.4 ผลการทดลองการหาค่าสัมประสิทธิ์แมนนิงของแผ่นหลังคาโลหะลูกฟูก W750 56

5.5 ความลึกการไหลจากการทดลองหลังคา W600 58

5.6 ความลึกการไหลจากการทดลองหลังคา W750 59

6.1 ค่าเปรียบเทียความคลาดเคลื่อนระหว่างค่าจากการทดลอง คำนวณ และความสัมพันธ์ 76

6.2 ค่าความลึกจากการทดลอง การคำนวณ และจากความสัมพันธ์ที่สร้างขึ้น 77

7.1 ค่าเฉลี่ยความต้านทานของหลังคาโลหะลูกฟูก 82

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	เส้นชั้นแสดงปริมาณฝนเท่ากันของประเทศไทย	13
2.2	ความสัมพันธ์ของความเข้มฝน คาบย้อนกลับ และระยะเวลาฝนตกของกรุงเทพมหานคร	14
3.1	การพิจารณาปริมาตรควบคุมสำหรับการอนุมานสมการควบคุมการไหล	17
3.2	ระดับความยาวของการไหลเพิ่มตามระยะทางในรางที่หน้าตัดเท่ากันตลอด	29
3.3	การหาตำแหน่งหน้าตัดควบคุมโดยวิธีระดับเปลี่ยนแปลง	29
4.1	แบบแปลนแสดงการติดตั้งเครื่องมือจำลองฝน	42
4.2	รูปไอโซเมตริกการเดินท่อจ่ายน้ำเข้าเครื่องมือจำลองฝน	43
4.3	วัสดุที่ใช้ทำรางน้ำในการศึกษา	46
5.4	รูปตามยาวการทดลองการไหลของฝนจำลองบนหลังคาโลหะลูกฟูก	51
5.5	รูปตามขวางการทดลองการไหลของฝนจำลองบนหลังคาโลหะลูกฟูก	51
5.6	การวัดความลึกการไหลด้วยไพโซมีเตอร์	52
5.7	การวัดความเข้มฝนด้วยถาด	52
5.8	การทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์แมนนิง	53
5.9	ถังตวงหาอัตราการไหล	53
5.1	กราฟแสดงความลึกการไหลจากการทดลองหลังคาโลหะลูกฟูก	60
6.1	ความลึกการไหลจากการทดลองเปรียบเทียบกับค่าที่จากการคำนวณ	70
6.2	ค่าสัมประสิทธิ์คงที่ในสมการความสัมพันธ์ระหว่างความลึกการไหลและระยะทางของรางน้ำที่เกิดขึ้นจากแผ่นหลังคา W750	80
7.1	แผนภูมิความสัมพันธ์ของความเข้มฝน มุมความลาดเอียง และความยาวสูงสุดของแผ่นหลังคาที่สามารถใช้ได้	85

รายชื่อสัญลักษณ์ย่อ (List of symbols)

A = พื้นที่หน้าตัดของน้ำในร่องน้ำ (Area of channel cross section)

A_c = พื้นที่รับน้ำฝนต่อหน่วยความยาว (Catchment area / unit length)

B = ความกว้างของผิวน้ำในร่องน้ำ (Water surface width)

b = ความกว้างที่ระดับใด ๆ ของหน้าตัดร่องน้ำ (Width of the element across the channel)

b_o = ความกว้างที่ท้องราง (Bottom width)

C = สัมประสิทธิ์เคซีย์ (Chezy's coefficient)

C_f = สัมประสิทธิ์ลม (Wind coefficient)

D = ความลึกชลศาสตร์ (Hydraulic depth)

F = แรงที่กระทำต่อปริมาตรควบคุม (Body forces)

F = จำนวนค่าฟรูด (Froude number)

F_e = แรงที่เกิดจากการขยายหรือลดขนาดหน้าตัด (Contraction / Expansion force produced by abrupt changes in the channel cross section)

F_f = แรงเสียดทานระหว่างการไหลและผิวราง (Friction force between flow and channel surface)

F_g = แรงที่เกิดจากน้ำหนักของน้ำในปริมาตรควบคุม (Gravity force along the channel due to the weight of water)

F_p = แรงเนื่องจากความต่างความดันน้ำ (Unbalanced pressure force)

F_w = แรงเฉือนที่เกิดจากจากแรงเฉือนลมกระทำต่อผิวน้ำ (Wind shear force on the water surface)

f = สัมประสิทธิ์ความต้านทานของไวซ์แบช (Weisbach's coefficient)

g = ความเร่งเนื่องจากความโน้มถ่วง (Gravitational acceleration)

G = $S_o L/y_e$

h = ความลึกของจุดศูนย์กลางของพื้นที่หน้าตัด (Depth of centroid of area A)

I = ปริมาณมวลไหลเข้าปริมาตรควบคุม (Mass inflow rate to the control volume)

i = ความเข้มฝน (Rainfall intensity)

K = Conveyance factor

K_e = สัมประสิทธิ์การเพิ่มหรือลดขนาดหน้าตัด (Nondimensional expansion/contraction

coefficient)

M = โมเมนตัม (Momentum)

M_1 = โมเมนตัมที่ไหลเข้าปริมาตรควบคุม (Momentum entering the control volume)

M_2 = โมเมนตัมที่ไหลออกจากปริมาตรควบคุม (Momentum leaving the control volume)

M_s = การสะสมโมเมนตัมภายในปริมาตรควบคุม (Momentum stored in the control volume)

m = ความลาดเอียงด้านข้างของผนังร่อง = ระยะนอน/ระยะดิ่ง (Side slope of channel)

n = สัมประสิทธิ์ของแมนนิงก์ (Manning's coefficient)

O = ปริมาณมวลไหลออกจากปริมาตรควบคุม (Mass outflow rate from the control volume)

P = เส้นรอบรูปเปียกของพื้นที่หน้าตัด (Wetted perimeter of the control volume)

P_1 = แรงเนื่องจากความดันที่ด้านต้นน้ำหรือทางซ้ายมือของปริมาตรควบคุม (Pressure force at upstream section)

P_2 = แรงเนื่องจากความดันที่ด้านท้ายน้ำหรือทางขวามือของปริมาตรควบคุม (Pressure force at downstream section)

Q = อัตราการไหลที่ตำแหน่งใด ๆ (Discharge at any section)

Re = จำนวนค่าเรโนลย์ (Reynold's number)

R = รัศมีชลศาสตร์ (Hydraulic radius)

q = ปริมาณการไหลเข้าด้านข้างต่อหน่วยความยาว (Quantity of lateral inflow)

S = การสะสมมวลภายในปริมาตรควบคุม (Mass stored within the control volume)

S_e = ความลาดเอียงของการสูญเสียแบบวกวน (Eddy loss slope)

S_o = ความลาดเอียงของท้องรางหรือแผ่นมุงหลังคา (Channel bed slope)

S_f = ความลาดเอียงความเสียดทาน (Friction slope)

T_f = แรงฉุดทั้งหมด (Total tractive force)

t = เวลา (Time)

V = ความเร็วการไหลเฉลี่ย (Mean velocity over cross section)

V_w = ความเร็วลม (Wind speed)

V_x = ความเร็วการไหลเข้าทางด้านข้างในทิศทางตามร่องน้ำ (Velocity of lateral inflow in x-direction)

v = ความเร็วของการไหลสำหรับส่วนเล็ก ๆ (Velocity through a small element dA)

V = ปริมาตรน้ำในปริมาตรควบคุม (Water quantity of control volume)

W = น้ำหนักของน้ำในปริมาตรควบคุม (Water weight of control volume)

Wc = ความกว้างต่อหนึ่งลอนของแผ่นหลังคา (Catchment width of the roof sheet per channel)

w = ความลึกการไหลจากท้องรางถึงพื้นที่เล็ก ๆ , dA (Elevation from the channel bottom)

y = ความลึกของน้ำในแนวตั้งฉากกับท้องราง (Water flow depth)

x = ความยาวของร่องน้ำจากจุดเริ่มต้น (Distance from starting point of channel)

z = กำหนดสูงของท้องราง (Channel elevation)

τ_o = หน่วยแรงเฉือน (Shear stress)

τ_w = หน่วยแรงเฉือนที่เกิดจากลม (Wind shear stress)

γ = น้ำหนักจำเพาะของน้ำ (Specific weight of water)

α = ตัวประกอบปรับแก้ความเร็ว (Velocity correction factor)

β = ตัวประกอบปรับแก้โมเมนตัม (Momemtum flux correction factor)

θ = มุมระหว่างท้องรางกับแนวนอน (Angle between channel bottom and horizontal plane)

M = ความหนืดทางพลศาตร์ของน้ำ (Dynamic viscosity of water)

ρ = ความหนาแน่นมวลของน้ำ (Density of water)

ϕ = มุมที่แนวฝนตกกระทำกับแนวนอน (Angle of rainfall to the horizontal line)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย