# แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการประเมินและปรับปรุง
# ระบบคลองระบายน้ำบริเวณหัวหมาก

นายสุรพงษ์ ธรรมพิทักษ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2530

ISBN 974-567-559-8

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

012622 i10292209

# A MATHEMATICAL MODEL FOR EVALUATION AND REHABILITATION OF THE CANAL DRAINAGE SYSTEM IN HUA MAK AREA

Mr. Surapong Thamphitak

Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Civil Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1987

ISBN 974-567-559-8

| | |
|---|---|
| หัวข้อวิทยานิพนธ์ | แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการประเมินและปรับปรุงระบบคลองระบายน้ำบริเวณหัวหมาก |
| โดย | นายสุรพงษ์ ธรรมพิทักษ์ |
| ภาควิชา | วิศวกรรมโยธา |
| อาจารย์ที่ปรึกษา | รองศาสตราจารย์ ดร.สุรวุฒิ ประดิษฐานนท์ |
| อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทวีวงศ์ ศรีบุรี |

---

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดี บัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร.ถาวร วัชราภัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ เสถียร ชลาชีวะ)

.....กรรมการ
(ศาสตราจารย์ ธำรง เปรมปรีดิ์)

.....กรรมการ
(ศาสตราจารย์ จักรี จัตุทะศรี)

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

.....กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทวีวงศ์ ศรีบุรี)

หัวข้อวิทยานิพนธ์ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการประเมินและปรับปรุงระบบคลองระบายน้ำ บริเวณหัวหมาก

ชื่อนิสิต นายสุรพงษ์ ธรรมพิทักษ์

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.สุรวุฒิ ประดิษฐานนท์

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทวีวงศ์ ศรีบุรี

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา

ปีการศึกษา 2529

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## บทคัดย่อ

ปัจจุบันปัญหาเรื่องการระบายน้ำออกจากตัวเมืองเป็นเรื่องสำคัญ โดยเฉพาะเมืองใหญ่ ๆ ที่ตั้งอยู่บนที่ราบลุ่มซึ่งจะต้องเผชิญกับปัญหาน้ำท่วมอยู่เสมอ ดังสภาพของกรุงเทพมหานครขณะนี้ ถึงแม้สาเหตุของน้ำท่วมจะมีหลายประการ แต่สาเหตุอันหนึ่งที่นับว่ามีความสำคัญ คือ ปัญหาการระบายน้ำ โดยเฉพาะสภาพของคลองระบายน้ำในกรุงเทพมหานครที่ยังใช้ระบายน้ำได้ไม่เต็มที่ ดังนั้นจึงควรที่จะมีการศึกษาปัญหาเพื่อนำมาช่วยในการวางแผนปรับปรุงระบบคลองระบายน้ำให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น

การศึกษาวิทยานิพนธ์นี้ มีวัตถุประสงค์ที่จะสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ สำหรับคำนวณหาอัตราการไหลและระดับน้ำในคลอง และนำแบบจำลองนี้มาประเมินขีดความสามารถของคลองในการระบายน้ำ ตลอดจนทำการหาแนวทางในการปรับปรุงระบบคลองระบายน้ำของพื้นที่ศึกษาโดยเลือกพื้นที่บริเวณหัวหมากเป็นพื้นที่ศึกษา พื้นที่บริเวณหัวหมากเป็นพื้นที่หนึ่งที่ได้รับความเสียหายจากน้ำท่วม ปี 2526 อย่างหนัก ในการจำลองระบบคลองในพื้นที่ศึกษานี้อาศัยข้อมูลต่าง ๆ ได้แก่ ข้อมูลปริมาณน้ำฝนและระดับน้ำจาก JICA ข้อมูลระดับพื้นดินจากภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ข้อมูลหน้าตัดคลองจากสำนักการระบายน้ำ และ JICA ข้อมูลลักษณะการใช้ที่ดินจาก JICA

แบบจำลองที่สร้างนี้ประกอบด้วย 2 ส่วน ส่วนแรกเป็นแบบจำลองสำหรับหาปริมาณน้ำที่ไหลลงสู่คลอง (Hydrologic Surface Runoff Model) ซึ่งอาศัยวิธีของ Rational Method มาประยุกต์สำหรับหาชลภาพ (Hydrograph) ของน้ำท่า ส่วนที่สองเป็นแบบจำลอง

อธิบายการไหลของน้ำในคลอง (Hydraulic Routing Model) ซึ่งอาศัยสมการการเคลื่อนที่ (Momentum Equation) และสมการต่อเนื่อง (Continuity Equation) ในการจำลองสมมุติให้การไหลของน้ำในคลองเป็นการไหลไม่คงที่ แบบเปลี่ยนแปลงน้อยในสภาวะใต้วิกฤต (Gradually varied unsteady free-surface flow in the subcritical range)

เนื่องจากพื้นที่ศึกษามีระดับพื้นดินต่ำกว่าบริเวณข้างเคียง ปัจจุบันการป้องกันน้ำท่วมพื้นที่นี้ กทม. ได้ทำเป็นทำนบปิดรอบ (Polder System) และติดตั้งสถานีสูบน้ำบริเวณปากคลองต่าง ๆ คือ บริเวณปากคลองกระจะ ติดตั้งเครื่องสูบน้ำจำนวน 4 ลบ.ม./วินาที บริเวณปากคลองจิก ติดตั้งเครื่องสูบน้ำ จำนวน 1.50 ลบ.ม./วินาที และที่บริเวณปากคลองจิต ติดตั้งเครื่องสูบน้ำ จำนวน 0.75 ลบ.ม./วินาที สำหรับช่วยระบายน้ำออกจากพื้นที่ศึกษา แต่อย่างไรก็ตามพื้นที่ศึกษาก็ยังประสบปัญหาน้ำท่วมอยู่เสมอถ้าฝนตกหนัก

การประเมินระบบคลองระบายน้ำในพื้นที่ศึกษา จากการใช้แบบจำลองทดสอบกับฝนที่มีคาบการกลับ (Return Period) เท่ากับ 2 ปี พื้นที่ศึกษาจะประสบภาวะน้ำท่วมประมาณ 5 ซม. บริเวณต้นคลองกระจะ และ 4 ซม. บริเวณปลายคลองกระจะ ถ้าหากใช้แบบจำลองทดสอบกับฝนที่มีคาบการกลับเท่ากับ 5 ปี พื้นที่ศึกษาจะประสบภาวะน้ำท่วมประมาณ 9 ซม. บริเวณต้นคลองกระจะ และ 8 ซม. บริเวณปลายคลองกระจะ การที่ระบบคลองในพื้นที่ศึกษามีขีดความสามารถในการระบายน้ำค่อนข้างต่ำ เนื่องจากสภาพของคลองระบายน้ำในพื้นที่ศึกษามีขนาดเล็กและตื้นเขิน และสถานีสูบน้ำที่ติดตั้งไว้ที่ปากคลองต่าง ๆ ยังมีขีดความสามารถไม่เพียงพอที่จะระบายน้ำออกจากพื้นที่ศึกษาได้ทัน

การปรับปรุงระบบคลองระบายน้ำในพื้นที่ศึกษาโดยใช้แบบจำลอง พบว่า ถ้าไม่ต้องการให้เกิดสภาวะน้ำท่วมพื้นที่ศึกษาที่คาบการกลับของฝน 5 ปี จะต้องทำการขยายและขุดลอกคลองกระจะ คลองจิก และคลองจิต ให้สามารถระบายน้ำจากด้านต้นคลองมายังจุดที่ตั้งสถานีสูบน้ำได้ทัน ตลอดจนทำการเพิ่มขนาดสถานีสูบน้ำที่ปากคลองกระจะ จาก 4 ลบ.ม./วินาที เป็น 6 ลบ.ม./วินาที เพิ่มขนาดสถานีสูบน้ำที่ปากคลองจิก จาก 1.5 ลบ.ม./วินาที เป็น 3 ลบ.ม./วินาที และเพิ่มขนาดสถานีสูบน้ำที่ปากคลองจิต จาก 0.75 ลบ.ม./วินาที เป็น 2 ลบ.ม./วินาที

บริเวณมหาวิทยาลัยรามคำแหง ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในพื้นที่ศึกษา และมีระดับพื้นดินต่ำกว่าบริเวณข้างเคียง ปัจจุบันได้ทำเป็นพื้นที่ปิดรอบแยก (Separate Polder) และติดตั้งสถานีสูบน้ำ

2 แห่ง สถานีสูบน้ำทั้งสองแห่งนี้ ปล่อยน้ำที่สูบออกลงท่อระบายน้ำที่ผ่านหน้ามหาวิทยาลัยฯ แต่ท่อระบายน้ำนี้มีขนาดไม่เพียงพอที่จะระบายน้ำที่สูบออกจากมหาวิทยาลัยฯ ลงสู่คลองกระจะ และคลองจิก ได้ทัน จึงทำให้ถนนหน้ามหาวิทยาลัยฯ ประสบปัญหาน้ำท่วมเป็นประจำ ในการแก้ปัญหาน้ำท่วมบริเวณนี้จะต้องวางท่อระบายน้ำลอดถนนหน้ามหาวิทยาลัยฯ ทั้งสองแห่งไปยังคลองแสนแสบให้สามารถระบายน้ำที่สูบออกจากมหาวิทยาลัยฯ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

| | |
|---|---|
| Thesis Title | A Mathematical Model for Evaluation and Rehabilitation of the Canal Drainage System in Hua Mak Area |
| Name | Mr. Surapong Thamphitak |
| Thesis Advisor | Associate Professor Suravuth Pradittanon, Ph.D. |
| Thesis Co-Advisor | Asistant Professor Thavivongse Sriburi, Ph.D. |
| Department | Civil Engineering |
| Acadamic Year | 1986 |

ABSTRACT

Currently, urban drainage system is becoming a critical problem, especially for city on low land flood plain facing frequent flood as Bangkok. There are various causes contributing to urban flooding but one of the serious cause is inadequate capacity of canal system for drainage. Consequently, there should be study to assist in planning and improvement of the canal system drainage capacity.

This thesis objective is to formulate a mathematical model to obtain flow rate and water level for the evaluation of existing capacity of canal drainage system and means of improvement. The study area is Hua-Mak which was heavily flooded in 1983. Data used in simulation of the study area are rainfall and water level as study by JICA, ground level from Department of Survey Engineering, Chulalongkorn University, crosssection of canal from DDS (BMA) and as study by JICA, and land-used as study by JICA.

The model composes of 2 main components. The component is

the Hydrologic Surface Runoff Model based on Rational method which yield hydrographs of lateral inflow. The second compoment is the Hydraulic Routing Model based on Momentum Equation and Continuity Equation. The characteristic of flow were assumed to be gradually varied unsteady free-surface flow in the subcritical range.

Since the study area is at a lower elevation than the adjacent land, Therefore, this area has been already constituted by the polder and water is drained off this area by pump a capacity of 4 CMS at the end of Klong Kracha : 1.5 CMS at the end of Klong Gig and 0.75 CMS at the end of Klong Chit. However, flood problem still persists during heavy rain.

In evaluation of the existing capacity of canal drainage system, at 2-year return period storm, flooding will occur in the study area for 5 hours at the upstream and 4 hours at the downstream in Klong Kracha. When using 5-year return period storm, flood duration will be increased to 9 hours and 8 hours at the upstream and downstream of Klong Kracha respectively, Main reasons are:size of existing canals are small and shallow together with the low capacity of pumping station at the end of canals.

In improving of the canal drainage system in the study area, at 5-year return period storm, flood problem can be prevented through the expansion and dredging of Klong Kracha, Klong Gig and Klong Chit in addition to the increasing of capacity of pumping stations at end of Klong Kracha, Klong Gig and Klong Chit from 4 CMS to 6 CMS, 1.5 CMS to 3 CMS and 0.75 CMS to 2 CMS respectively.

Ramkhamhaeng University Campus which is a part of the study area where the land level is relatively lower than surrounding

area, the current configurative flood protection is a separate polder with 2 pumping stations installed. The pumped water is direct to each main pipe line at the front of the university and to be drained to Klong Kracha and Klong Gig. However, due to insufficient capacity of main pipe, this causes flooding at the road infront of the University. It is suggested that a sufficient size culvert installed in front of the university to drain the water directly to Klong Sean Seap could solve the problem effectively.

# กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.นิวัติ์ ดารานันทน์ ศาสตราจารย์ธำรง เปรมปรีดิ์ รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยพันธุ์ รักวิจัย รองศาสตราจารย์ ดร.สุรวุฒิ ประดิษฐานนท์ และคณาจารย์ทุกท่านในสาขาวิศวกรรมแหล่งน้ำ ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ตลอดจนได้กรุณาสละเวลาสั่งสอนอบรมให้ข้อคิดที่ดีตลอดมา ทั้งในด้านความรู้ทางวิชาการ และการดำรงชีวิตความเป็นอยู่ในสังคมอันเป็นผลสำคัญที่ทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี อนึ่ง ผู้เขียนขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ของหน่วยงานต่าง ๆ อาทิเช่น สำนักการระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้ข้อมูลต่าง ๆ ที่ใช้ประกอบการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

นอกจากนี้ ผู้เขียนขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้ทุนสนับสนุนบางส่วนในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

จากการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ ทำให้ผู้เขียนรู้สึกซาบซึ้งต่อความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ทั้งสองท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือผู้เขียนเป็นอย่างมาก ได้สละทั้งกำลังกายและกำลังใจ ช่วยให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สามารถสำเร็จลงได้

ท้ายนี้ผู้เขียนใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และพี่ ๆ ซึ่งสนับสนุนในด้านการเงินและให้กำลังใจเสมอมาจนสำเร็จการศึกษาถึงขั้นนี้

สุรพงษ์ ธรรมพิทักษ์

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... ช
กิตติกรรมประกาศ..... ฎ
สารบัญ..... ฐ
สารบัญตาราง..... ฒ
สารบัญรูป..... ณ
คำอธิบายสัญญลักษณ์และคำย่อ..... ต
บทที่ 1 บทนำ
1.1 ความสำคัญของปัญหา..... 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา..... 2
1.3 ขอบข่ายของการศึกษา..... 2
1.4 การดำเนินการศึกษา..... 4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัยนี้..... 6
บทที่ 2 ทฤษฎีและทบทวนการศึกษาที่เกี่ยวข้อง
2.1 ชนิดของการไหล..... 7
2.2 สมการอธิบายการไหลแบบไม่คงที่..... 7
2.3 การประมาณปริมาณน้ำท่าจากน้ำฝน..... 11
2.4 ทบทวนการศึกษาที่เกี่ยวข้อง..... 14
บทที่ 3 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์
3.1 การพัฒนาสมการอธิบายการไหลสำหรับการจำลอง..... 16
3.2 สมการอธิบายการไหลที่ใช้ในแบบจำลอง..... 19
3.3 วิธีการแก้สมการเชิงเส้นของสมการอธิบายการไหล..... 21
3.4 การกำหนดค่าเริ่มต้นของการคำนวณ..... 22
3.5 การกำหนดเงื่อนไขขอบเขตของระบบ..... 23

หน้า

บทที่ 4 โปรแกรมคอมพิวเตอร์

4.1 ขั้นตอนการคำนวณของโปรแกรมคอมพิวเตอร์..... 29

4.2 การป้อนข้อมูล (Input data)..... 39

4.3 การแสดงผล (Output)..... 42

4.4 การใช้โปรแกรม..... 57

4.5 การตรวจสอบผลของโปรแกรม..... 58

บทที่ 5 การสำรวจพื้นที่ศึกษาและการประยุกต์แบบจำลอง

5.1 ลักษณะทั่วไปของพื้นที่ศึกษา..... 59

5.2 แนวทางในการปรับปรุงคลองระบายน้ำในพื้นที่ศึกษา..... 66

5.3 ข้อมูลที่ใช้ในการจำลอง..... 70

5.4 การประยุกต์แบบจำลองกับพื้นที่ศึกษา..... 72

บทที่ 6 ผลการศึกษาและวิจารณ์

6.1 การทดสอบแบบจำลอง (Model calibration)..... 79

6.2 การใช้แบบจำลองในการประเมินขีดความสามารถของระบบคลองระบายน้ำบริเวณพื้นที่ศึกษา..... 86

6.3 การใช้แบบจำลองในการปรับปรุงระบบคลองระบายน้ำบริเวณพื้นที่ศึกษา 87

6.4 วิจารณ์ผลการศึกษา..... 95

บทที่ 7 สรุปและข้อเสนอแนะ

7.1 สรุปการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบคลองระบายน้ำ.... 102

7.2 สรุปการใช้แบบจำลองในการประเมินขีดความสามารถของระบบคลองระบายน้ำบริเวณพื้นที่ศึกษา..... 103

7.3 สรุปการใช้แบบจำลองปรับปรุงระบบคลองระบายน้ำบริเวณพื้นที่ศึกษา.. 103

7.4 ข้อเสนอแนะ..... 104

เอกสารอ้างอิง..... 106

ภาคผนวก ก. การพัฒนาสมการอธิบายการไหล..... 109

ภาคผนวก ข. โปรแกรมคอมพิวเตอร์..... 124

ประวัติผู้ศึกษา..... 139

# สารบัญตาราง


| ตาราง | | หน้า |
|---|---|---|
| 3-1 | สัมประสิทธิ์การกระจายเชิงพื้นที่ของฝน..... | 26 |
| 4-1 | Input data สำหรับ Hydrologic surface runoff program... | 44 |
| 4-2 | Input data สำหรับ Comment cards..... | 45 |
| 4-3 | Input data สำหรับค่าของ Channel geometry..... | 46 |
| 4-4 | Input data สำหรับค่าของ Constants..... | 47 |
| 4-5 | Input data สำหรับค่าของ Hydrographs of storm inflow.... | 48 |
| 4-6 | Input data สำหรับค่าของ Boundary Condition for pumping Station..... | 49 |
| 4-7 | Input data สำหรับค่าของ Boundary Condition for nodes... | 50 |
| 4-8 | Input data สำหรับค่าของ Initial Condition..... | 51 |
| 4-9 | Input data สำหรับค่าของ Time increments..... | 52 |
| 4-10 | แสดง Summary of input..... | 53 |
| 4-10 | แสดง Summary of input (ต่อ)..... | 54 |
| 4-11 | แสดงผลอย่างละเอียด (Full Output)..... | 55 |
| 4-12 | แสดงผลสรุปเฉพาะค่าสูงสุด (Output summary)..... | 56 |
| 5-1 | สรุปแผนป้องกันน้ำท่วมเร่งด่วนของกรุงเทพมหานคร..... | 67 |
| 5-2 | แสดงค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่า (C) สำหรับการใช้พื้นที่แบบต่าง ๆ..... | 76 |
| 5-3 | แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning (n)..... | 77 |

# สารบัญรูป


| รูป | | หน้า |
|---|---|---|
| 1-1 | แสดงขอบเขตของพื้นที่ศึกษา..... | 3 |
| 1-2 | แผนภูมิการศึกษาการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในประเมินและปรับปรุงระบบระบายน้ำ..... | 5 |
| 2-1 | การพิสูจน์สมการต่อเนื่องสำหรับการไหลแบบไม่คงที่..... | 9 |
| 2-2 | การพิสูจน์สมการการเคลื่อนที่สำหรับการไหลแบบไม่คงที่..... | 12 |
| 3-1 | แสดงลักษณะของ Node และ Link ที่ใช้ในการคำนวณ..... | 18 |
| 3-2 | แสดง Node และ Link..... | 21 |
| 3-3 | กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความเข้ม-ช่วงเวลา-ความถี่ของฝน..... | 25 |
| 3-4 | แสดงการหาชลภาพของน้ำท่า..... | 28 |
| 4-1 | แผนภูมิการทำงานของแบบจำลอง..... | 30 |
| 4-2 | แผนภูมิแสดงการทำงานของ HYDROLOGIC SURFACE RUNOFF..... | 31 |
| 4-3 | แผนภูมิแสดงการทำงานของ HYDRAULIC ROUTING PROGRAM..... | 33 |
| 4-4 | แผนภูมิแสดงการทำงานของ Subprogram INPUT..... | 34 |
| 4-5 | แผนภูมิแสดงการทำงานของ Subprogram BCON..... | 35 |
| 4-6 | แผนภูมิแสดงการทำงานของ Subprogram COEFF..... | 37 |
| 4-7 | แผนภูมิแสดงการทำงานของ Subprogram OUTPUT..... | 38 |
| 5-1 | แสดงพื้นที่ที่สำนักการระบายน้ำวางแผนป้องกันน้ำท่วมในปี 2526..... | 60 |
| 5-2 | แสดงระดับถนนฝั่งตะวันออกของกรุงเทพมหานคร..... | 61 |
| 5-3 | แสดงระดับพื้นดินบริเวณพื้นที่ศึกษา..... | 62 |
| 5-4 | แสดงลักษณะการใช้ที่ดินบริเวณพื้นที่ศึกษา..... | 63 |
| 5-5 | แสดงระบบคลองระบายน้ำในบริเวณพื้นที่ศึกษา..... | 65 |
| 5-6 | แสดงบริเวณพื้นที่ป้องกันน้ำท่วมในแผนหลักที่ทำการศึกษาโดย JICA..... | 68 |
| 5-7 | แสดงระบบคลองระบายน้ำในแผนหลักของ JICA..... | 69 |
| 5-8 | แสดงการกระจายของฝนที่ตกเกิน 90 มม./วัน..... | 73 |

| รูป | | หน้า |
|---|---|---|
| 6-1 | แสดงข้อมูลทางอุทกวิทยาที่เก็บในพื้นที่ศึกษา..... | 80 |
| 6-2 | แสดงลักษณะของชลภาพของน้ำท่าที่ไหลลงคลอง (Lateral Inflow Hydrograph)..... | 83 |
| 6-3 | แสดงผลการจำลองที่ได้เมื่ออัตราการไหลสูงสุดของปริมาณน้ำท่าเปลี่ยนแปลง | 84 |
| 6-4 | แสดงผลการจำลองที่ได้เมื่อค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ (n) เปลี่ยนแปลง (บริเวณจุดที่ตั้งสถานีสูบน้ำปากคลองกระจะ)..... | 85 |
| 6-5 | แสดงระบบระบายน้ำบริเวณพื้นที่ศึกษาในปัจจุบัน..... | 88 |
| 6-6 | แสดงผลการจำลองที่ได้จากการประเมินขีดความสามารถของคลองระบายน้ำ | 89 |
| 6-7(ก) | แสดงอัตราการไหลของน้ำท่าลงคลองและอัตราการสูบน้ำออกจากพื้นที่..... | 90 |
| 6-7(ข) | แสดงผลรวมสะสมของปริมาณน้ำท่าลงคลอง และผลรวมสะสมของปริมาณน้ำที่สูบออกจากพื้นที่..... | 90 |
| 6-8 | แสดงผลการจำลองที่ได้หลังจากทำการปรับปรุงระบบคลองระบายน้ำ..... | 96 |
| 6-9 | แสดงระบบระบายน้ำบริเวณพื้นที่ศึกษา หลังจากทำการปรับปรุงระบบคลองระบายน้ำ..... | 97 |
| 6-10(ก) | แสดงอัตราการไหลของน้ำท่าลงคลอง และอัตราการสูบน้ำออกจากพื้นที่ (หลังจากทำการปรับปรุงระบบคลองระบายน้ำ)..... | 98 |
| 6-10(ข) | แสดงผลรวมสะสมของปริมาณน้ำท่าลงคลอง และผลรวมสะสมของปริมาณน้ำที่สูบออกจากพื้นที่ (หลังจากทำการปรับปรุงระบบคลองระบายน้ำ)..... | 98 |
| 6-11 | แสดงการปรับปรุงหน้าตัดคลองระบายน้ำในบริเวณพื้นที่ศึกษา..... | 99 |
| 6-12 | แสดงรูปตัดตามแนวศูนย์กลางของคลองในบริเวณพื้นที่ศึกษา..... | 100 |

# คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

| | | |
|---|---|---|
| A | = | cross section area of channel |
| B | = | top width of the cross section ofchannal |
| C | = | runoff coefficient |
| P | = | hydrostatic pressure force |
| $F_f$ | = | friction force |
| $F_g$ | = | weigth force |
| $F_n$ | = | bottom pressure |
| g | = | acceleration of gravity |
| h | = | water surface elevation from datum |
| I | = | rainfall intensity |
| L | = | length of Link |
| $L_s$ | = | length of sewer |
| n | = | manning roughness coefficient |
| P | = | wetted Parameter |
| Q | = | discharge in channel |
| $Q_p$ | = | peak runoff |
| $Q_{out}$ | = | flow to or from the node |
| q | = | Volume of inflow per unit of length of channel |
| R | = | hydraulic Radius |
| $S_o$ | = | Slope of bottom of the channel |
| $S_f$ | = | energy gradient |
| T | = | time step |
| $T_c$ | = | time of concentration |
| t | = | time |
| V | = | Velocity |
| W | = | Weight of the element of water |

# คำอธิบายสัญญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

| | | |
|---|---|---|
| X | = | distance |
| Y | = | depth of water |
| Z | = | bottom elevation from datum |
| $\gamma$ | = | specific weight of water |
| $\rho$ | = | density of water |
| $\phi$ | = | angle of slope of the river bed |
| กม. | = | กิโลเมตร |
| กทม. | = | กรุงเทพมหานคร |
| ซม. | = | เซ็นติเมตร |
| ม. | = | เมตร |
| มม. | = | มิลลิเมตร |
| รทก. | = | ระดับน้ำทะเลปานกลาง |
| ลบ.ม. | = | ลูกบาศก์เมตร |
| ส.ป.ส. | = | สัมประสิทธิ์ |
| A.R.F. | = | area reduction factor |
| CDM | = | Camp dresser & Mckee, Consulting engineer |
| JICA | = | Japan International Cooperation Agency |
| B.M. | = | Bench mark |
| BFCD | = | Bangkok Flood Control and Drainage Project |
| C.S. | = | Control Surface |
| C.V. | = | Control Volume |
| CMS | = | Cubic Meter per Second |