

การประยุกต์ใช้แบบจำลองอุทกพลศาสตร์ RMA-10
ในการจำลองการไหลแบบ 2 มิติของแม่น้ำ Katherine ประเทศออสเตรเลีย

An Application of RMA-10 Hydrodynamic Model
for 2-Dimensional River Modeling of Katherine River, Australia

วิษุวัตก์ แท้สมบัติ¹ นุชนารถ ศรีวงศ์ตานนท์²

Wisuwat Taesombat¹ Nuchanart Sriwongsitanon²

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้แบบจำลอง RMA-10 ในการจำลองแบบระบบแม่น้ำ Katherine ประเทศออสเตรเลีย ซึ่งมีความยาวของแม่น้ำตามแนวลำน้ำโดยประมาณ 10 กิโลเมตร โดยแบบจำลองดังกล่าวจำลองการไหลในลักษณะการไหลแบบ 2 มิติคือการไหลตามทิศทางการไหลของน้ำตามแนวลำน้ำและการไหลตามทิศทางตั้งฉากกับการไหลตามแนวลำน้ำ แบบจำลอง RMA-10 เป็นแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นโดย Resource Management Associates ประเทศสหรัฐอเมริกา ผลการพัฒนาแบบจำลอง RMA-10 พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning ที่เหมาะสมสำหรับแม่น้ำ Katherine อยู่ในช่วง 0.035 – 0.079 ของแต่ละช่วงของแม่น้ำ โดยแบบจำลองที่จัดทำขึ้นมีความพร้อมที่จะใช้ในการศึกษาการไหลของน้ำและการศึกษาด้านอื่นๆ ต่อไป ยกตัวอย่างเช่น การศึกษาการกัดเซาะและพัดพาของตะกอนในแม่น้ำต่อไป

Abstract

This study aims to setup the RMA-10 Model for River Modeling of Katherine River, Australia. The length of this river is 10 kilometres long. RMA-10 Model applied for 2 dimensional river flow of Katherine River is a hydrodynamic model developed by Resource Management Associates, USA. The calibration and verification of this model found that the suitable Manning's values for Katherine River ranging between 0.035-0.079. This developed model will be later used to study the hydraulic condition and provide the useful data for erosion and sediment transport study in this river.

Keywords: RMA-10 Model, Hydrodynamic Model, Katherine River, River Modeling

¹ ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นครปฐม 73140 (fengwwt@ku.ac.th)

Irrigation Engineering Department, Faculty of Engineering at Kamphaengsaen, Kasetsart University, Nakorn Pathom 73140

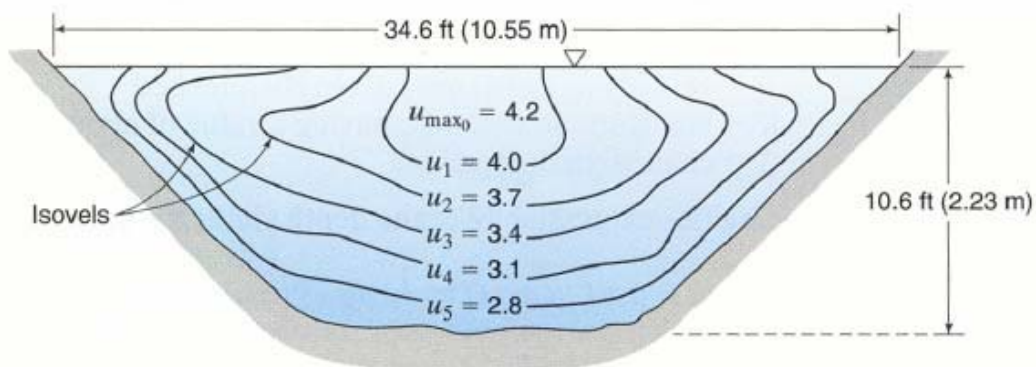
² ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (fengnns@ku.ac.th)

Water Resources Engineering Department, Faculty of Engineering, Kasetsart University, Bangkok 10900

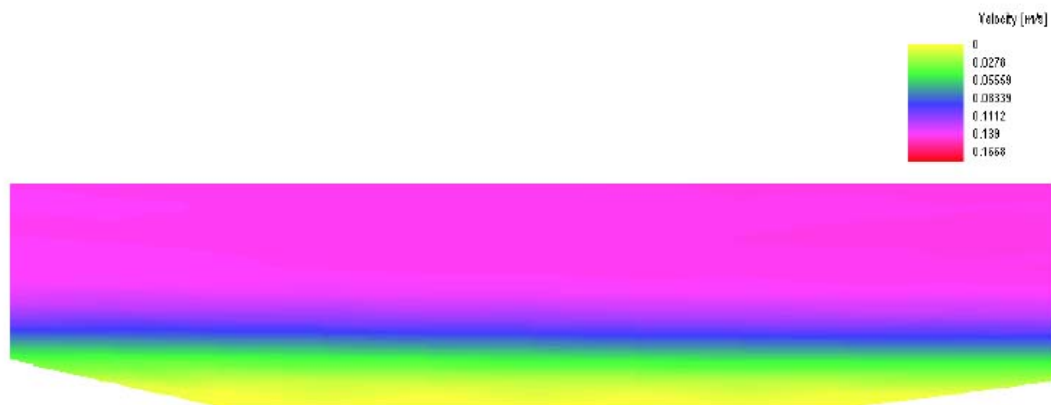
คำนำ

แบบจำลอง RMA-10 (King, 2005) เป็นแบบจำลองประเภทอุทกพลศาสตร์ (Hydrodynamic model) ที่สามารถจำลองสภาพการไหลในลำน้ำได้ทั้งในแบบ 1, 2 และ 3 มิติ โดยแบบจำลอง RMA-10 นั้นพัฒนาขึ้นโดย Resource Management Associates ประเทศสหรัฐอเมริกา เริ่มพัฒนาขึ้นตั้งแต่ปี ค.ศ. 1979 และยังคงพัฒนาอย่างต่อเนื่องมาจนถึงปัจจุบัน โดยเวอร์ชันล่าสุดได้ปรับปรุงมาถึง ปี ค.ศ. 2005 โดยทั่วไปแบบจำลองนี้จะใช้ในการจำลองแบบสภาพชายฝั่งทะเล (Coastal modeling) อย่างไรก็ตามแบบจำลองดังกล่าวนี้ยังสามารถใช้จำลองการไหลกับระบบแม่น้ำตามธรรมชาติได้ตลอดจนการศึกษาด้านอุทกภัยได้ด้วย (River and Flood modeling)

แบบจำลองนี้ใช้พื้นฐานของ Finite Element ซึ่งมีความสามารถในการจำลองสภาพการไหลได้ในแบบ 1 มิติ คือ การไหลของน้ำตามทิศทางการไหลตามแนวลำน้ำ และการไหลแบบ 2 มิติ คือ มีการเพิ่มการจำลองการไหลในทิศตั้งฉากกับทิศทางการไหลของน้ำตามแนวลำน้ำเข้ามาพิจารณาด้วย ซึ่งประกอบด้วย 2 รูปแบบคือ 2-D laterally averaged และ 2-D depth averaged และยังสามารถจำลองการไหลของน้ำได้ในแบบ 3 มิติซึ่งจำลองการไหลในทิศตามความลึกของน้ำ รวมถึงยังสามารถวิเคราะห์ร่วมกันทั้ง 1-D, 2-D และ 3-D ในการจำลองการไหลในคราวเดียวกันได้ ดังแสดงตัวอย่างผลการจำลองแบบการกระจายความเร็วของการไหลในลำน้ำที่แต่ละระดับความลึกได้ดังรูปที่ 1 (McGarry, 2007)



(ก) แสดงการกระจายตัวของความเร็วการไหลตามความลึกของน้ำที่ได้จากการทดลอง

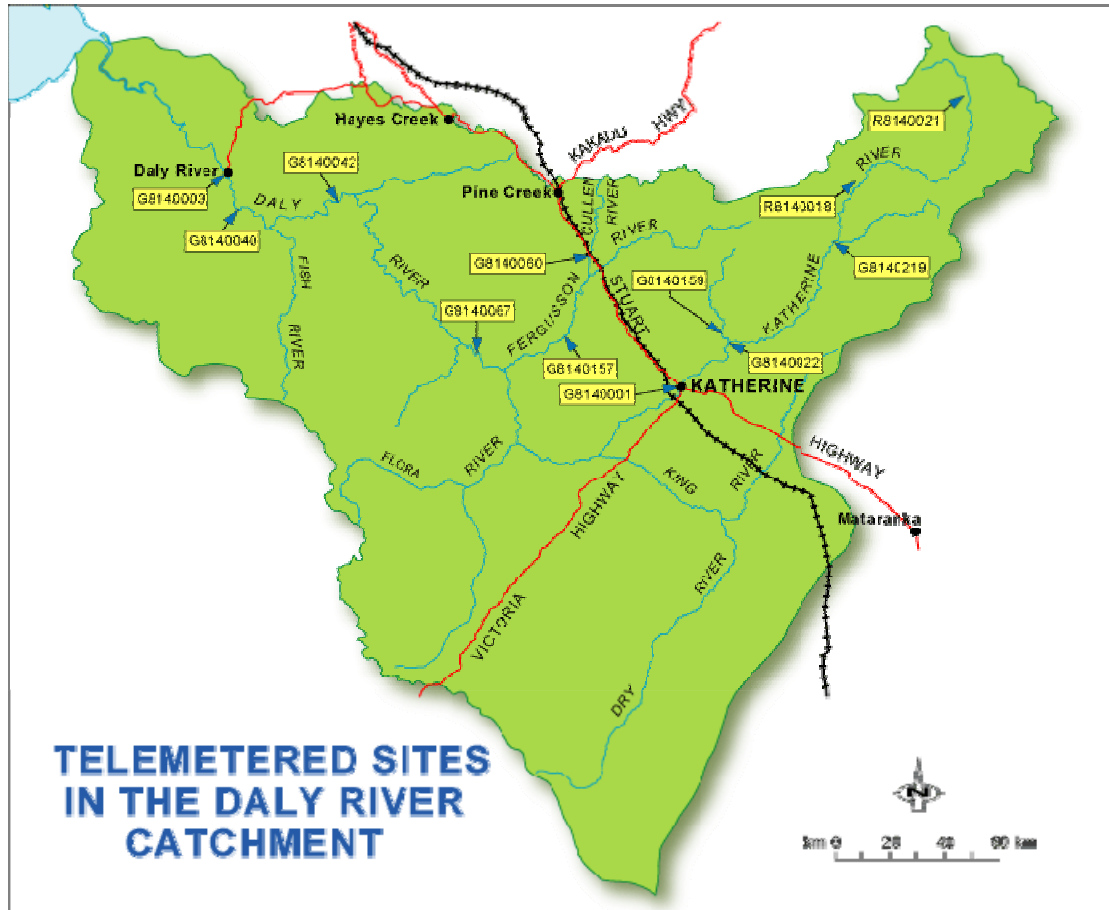


(ข) ตัวอย่างการกระจายตัวของความเร็วการไหลตามความลึกที่ได้จากแบบจำลอง RMA-10

รูปที่ 1 ตัวอย่างการศึกษาการกระจายตัวของความเร็วการไหลของน้ำแบบ 3 มิติด้วยแบบจำลอง RMA-10

อุปกรณ์และวิธีการ

การประยุกต์ใช้แบบจำลอง RMA-10 ในการจำลองแบบการไหลแบบ 2 มิติในแม่น้ำชื่อ Katherine River ซึ่งเป็นลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำ Daly ตั้งอยู่ในรัฐ Northern Territory ของประเทศออสเตรเลีย ลุ่มน้ำดังกล่าวมีพื้นที่ลุ่มน้ำประมาณ 8,640 ตารางกิโลเมตร ดังแสดงแผนที่ที่ตั้งของลุ่มน้ำดังกล่าวในรูปที่ 2 โดยการประยุกต์ใช้แบบจำลองประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้



รูปที่ 2 แผนที่แสดงพื้นที่ลุ่มน้ำของ Daly (NRETA, 2008)

1. การรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลสำคัญที่ถูกลำเอียงใช้ในการจำลองแบบระบบแม่น้ำ Katherine คือ ข้อมูลรูปตัดขวางลำน้ำ ซึ่งจากการรวบรวม พบว่า ข้อมูลรูปตัดขวางลำน้ำถูกทำการสำรวจโดยใช้เรือสำรวจวัดตัดขวางลำน้ำในแต่ละหน้าตัด (boat transects) โดยวิธี Echo sounding รวบรวมได้ทั้งสิ้น จำนวน 64 รูปตัด ซึ่งมีความยาวของแม่น้ำทั้งสิ้น 10 กิโลเมตร ดังแสดงในรูปที่ 3 และแสดงภาพถ่ายของแม่น้ำ Katherine ที่บริเวณสะพานข้ามถนนสาย Highway ในรูปที่ 4



รูปที่ 3 แสดงตำแหน่งของจุดที่ทำการสำรวจรูปตัดขวางลำน้ำ



รูปที่ 4 แสดงภาพถ่ายสภาพของแม่น้ำ Katherine บริเวณสะพานข้ามถนนสาย Highway

2. การพัฒนาแบบจำลอง (Model Setup)

ขั้นตอนการพัฒนาแบบจำลอง ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1) การสร้าง Mesh

ในการวิเคราะห์ด้วยวิธี Finite Element นั้น ต้องสร้าง Mesh เพื่ออธิบายตำแหน่งและโครงสร้างของการทำงาน ซึ่งประกอบด้วย Node และ Element โดยในแต่ละ Node จะต้องถูกอธิบายในเชิงรูปแบบ 2 หรือ 3 มิติ และกลุ่มของ Node ที่เชื่อมกันเป็นรูปสามเหลี่ยมหรือรูปสี่เหลี่ยมจะเรียกว่า Element เพื่อใช้ในการอธิบายพื้นผิวที่ของไหลนั้นไหลผ่านหรือเป็น Element ของระดับผิวดินนั่นเอง ในแบบจำลอง RMA-10 นั้นไม่มีเครื่องมือช่วยในการสร้าง Mesh เนื่องจากพัฒนาบนภาษา Fortran77 ดังนั้นจึงต้องใช้โปรแกรมอื่นมาช่วยในการสร้าง Mesh นั้นคือ โปรแกรม RManet (RManet, 2008) ซึ่งเป็นโปรแกรมที่มีลิขสิทธิ์ในการจัดซื้อ ดังแสดงตัวอย่างการสร้าง Mesh ของระบบแม่น้ำ Katherine ได้ในรูปที่ 5 ค่าระดับผิวดินของ Mesh หาได้จากการประมาณค่าเชิงเส้น (Linear Interpolation) ระหว่างข้อมูลรูปตัดขวางลำน้ำ 2 รูปตัดที่ได้จากการสำรวจ ดังแสดงในรูปที่ 6

ในการจัดทำแบบจำลองแม่น้ำ Katherine นั้น ได้กำหนดให้ทำการสร้าง Mesh ที่มีความกว้างของแม่น้ำเท่ากับ 5 Element และกำหนดให้มีอัตราส่วนระหว่างความยาวต่อความกว้างของ Mesh หรือเรียกว่า Aspect Ratio ไม่เกิน 2:1 ผลของการจัดทำ Mesh ให้กับแบบจำลอง RMA-10 พบว่า มีจำนวนทั้งสิ้น 3,405 Elements และ 4,076 Corner Nodes และ 4,780 Mid-Side Nodes โดยข้อมูล Mesh ที่จัดทำขึ้นจะถูกนำไปใช้เป็นข้อมูลด้านเข้าของแบบจำลอง RMA-10 ต่อไป

2) ข้อกำหนดสำหรับตัวแปรของแบบจำลอง RMA-10 (Configuration of RMA-10 Model Parameters)

หลังจากได้จัดทำ Mesh ของระดับผิวดินในแม่น้ำ Katherine แล้ว ขั้นตอนถัดมา ก็จะต้องทำการกำหนด Configuration ต่างๆ ของค่าตัวแปรของแบบจำลอง RMA-10 ซึ่งพัฒนาในรูปของภาษา Fortran77 ดังแสดงตัวอย่างของ Configuration File ในรูปที่ 7 โดยมีข้อกำหนดคือเป็นการจำลองการไหลแบบ Unsteady Flow โดยมีขอบเขตด้านเหนือน้ำเป็นปริมาณการไหล (QC) และขอบเขตด้านท้ายน้ำ (HC) เป็นระดับน้ำในแม่น้ำ Katherine ในช่วงระหว่างวันที่ 1 มกราคม 2007 ถึงวันที่ 12 มกราคม 2007

3) การปรับเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง (Model Calibration and Verification)

การปรับเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง RMA-10 มีขั้นตอนเหมือนกับแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ทั่วไปคือ การลองผิดลองถูกเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระท้องน้ำหรือค่า Manning'n ที่เหมาะสมนั่นเอง โดยค่าที่เหมาะสมจะทำให้ค่าระดับน้ำ (Water Level) หรือปริมาณการไหล (Discharge) ที่คำนวณได้โดยแบบจำลองมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ตรวจวัดได้ (Observed Data) มากที่สุด ผลการปรับเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองแสดงในส่วนของผลการศึกษา



(ก) การสร้าง Mesh ระหว่าง 2 รูปตัดขวางลำน้ำในแนวระนาบเดียวกัน



(ข) การปรับรูปร่างของ Mesh ให้เข้ากับรูปร่างของลำน้ำ

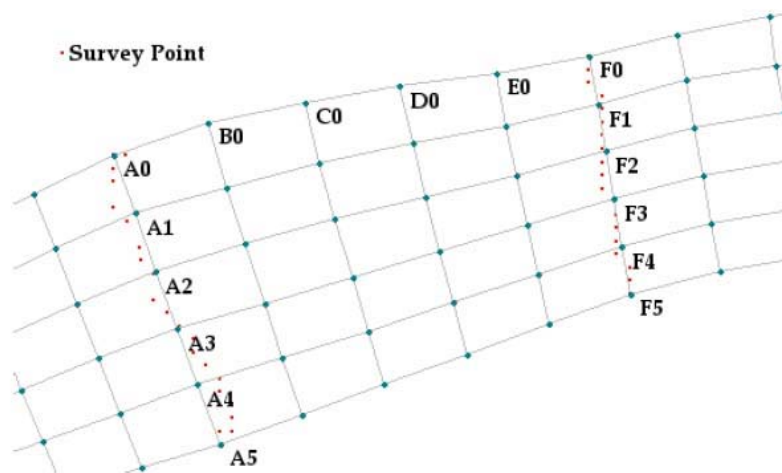


(ค) การสร้าง Mesh ต่อเนื่อง



(ง) การแสดงระดับผิวดินของ Mesh ที่ได้จากการ Interpolate จากข้อมูลรูปตัดขวางลำน้ำที่สำรวจได้

รูปที่ 5 แสดงตัวอย่างการสร้าง Mesh ตามความยาวของลำน้ำ



รูปที่ 6 แสดงการทำ Linear Interpolation ระหว่างข้อมูลรูปตัดขวางลำน้ำ A กับ F ที่ได้จากการสำรวจ

```

OUTFIL  usm
INBNGEO main.geo
OUTBNRMAusn.rna
INELEV  135.8.elv
OUTBN3GEusn.3DG
ENDFIL
TI      unsteadysteadystate for transect survey day - 05072006 [deriv. frm
      BLACK10.R10]
C0      0      -1      2007      1      0.000      1      0.200      0.000      0
C1      0      1      0      1      1      1      1      0
C2      -14.5    140.0    1.0      1.0      1.0
con works with and without HMIM
C3      1.000    1.000    0.000    0.000    1.000    0.000    0.000
C4      0.0      20.0      0.0
C5      16      16      100      1      0      5      0      0
C6      0      100
con
con INIT      140.0
CV      0.001    0.001    0.0005    0.0500    0.0500      1      0.05
con center of channel ED1/2 from BLACK10.R10 exanple except n was 0.015
ED1      1    -0.500    -0.500    -0.500    -0.500    0.037    0.000    0.000
ED2      -0.500    -0.500    0.00100    0.000    10.000    0.000
ED1      2    -0.500    -0.500    -0.500    -0.500    0.037    0.000    0.000
ED2      -0.500    -0.500    0.00100    0.000    10.000    0.000
ENDGEO
DT      0.00
BC      0010      0010      0010      0010      0010      0010      0010      0010      0010
BC      0010      0010      0010      0010      0010      0010      0010      0010      0010
QC      2      0      13.47    3.403    0.00      20.0      0      0
HC      1      0      140.0      0.00      20.0      0.0      1
ENDSTEP
DT      0.200      2007      1      12
BC      0010      0010      0010      0010      0010      0010      0010      0010      0010
BC      0010      0010      0010      0010      0010      0010      0010      0010      0010
QC      2      0      13.47    3.403    0.00      20.0      0      0
ENDSTEP
ENDDATA

```

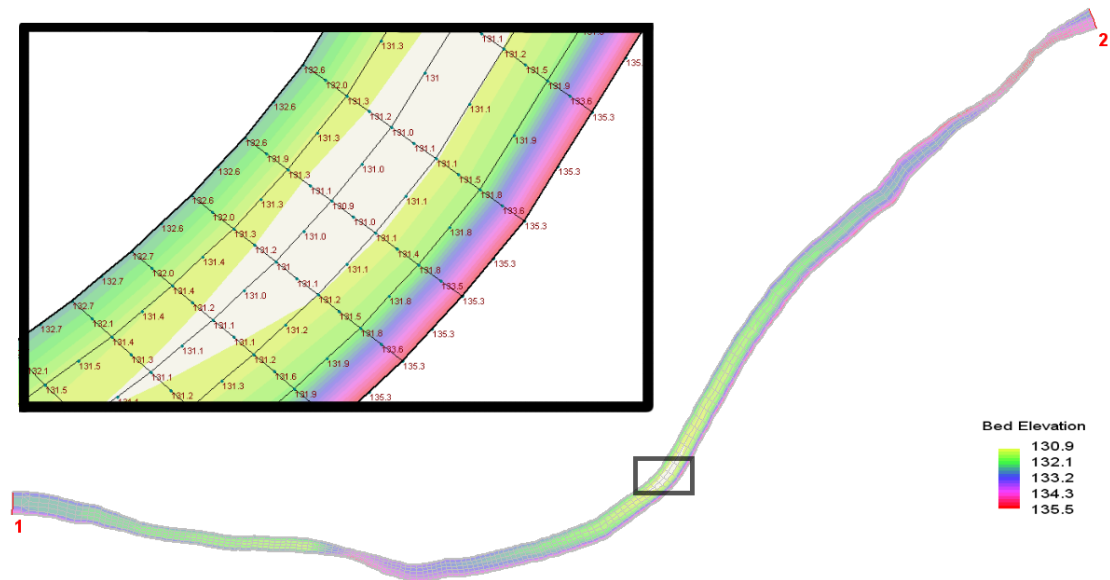
รูปที่ 7 ตัวอย่างของ configuration file ของแบบจำลอง RMA-10

ผลและวิจารณ์

ผลการประยุกต์ใช้แบบจำลอง RMA-10 สามารถสรุปเป็นข้อๆ ได้ดังนี้

1. Mesh ที่สร้างขึ้น

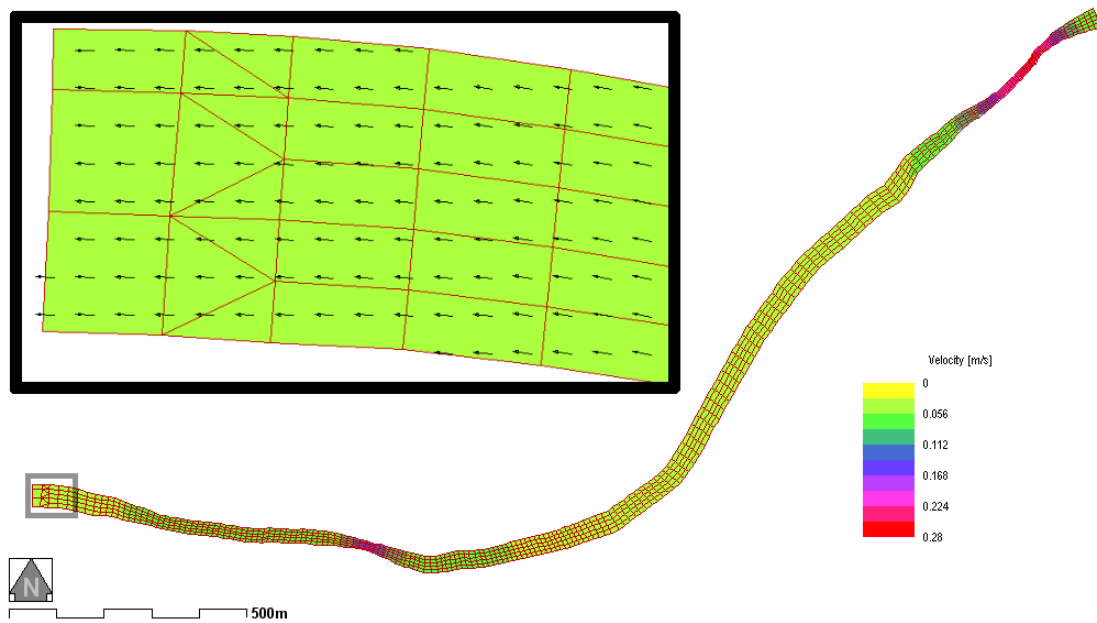
Mesh ที่สร้างขึ้นสำหรับแม่น้ำ Katherine มีความยาวตามลำน้ำทั้งสิ้นประมาณ 10 กิโลเมตร ดังแสดงในรูปที่ 8



รูปที่ 8 แสดง Mesh ของแม่น้ำ Katherine ที่จัดทำขึ้น

2. ผลด้านออกจากแบบจำลอง RMA-10 ที่สร้างขึ้น

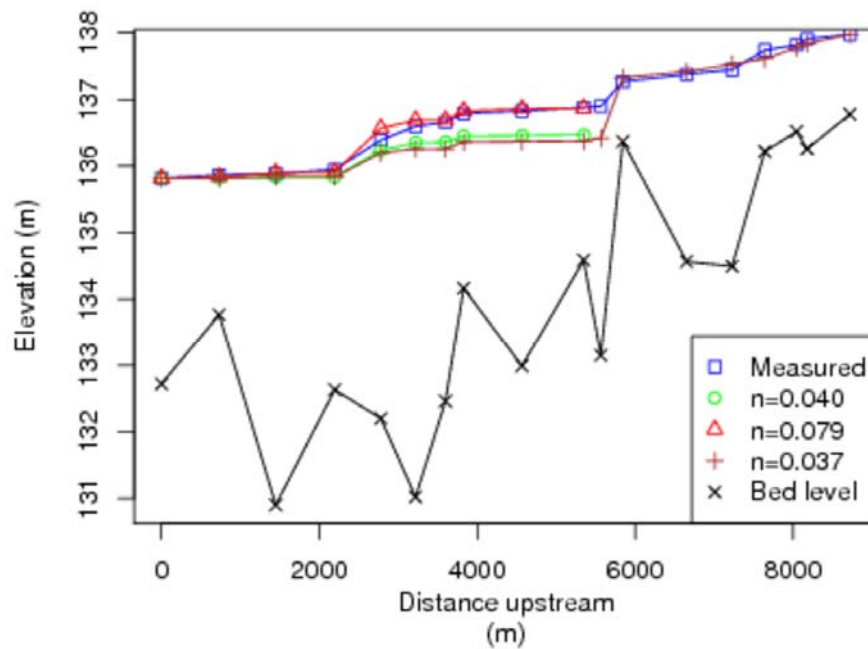
ผลด้านออกจากแบบจำลอง RMA-10 นั้นจะเป็นเพียงข้อมูลในรูปแบบของ text file ซึ่งยากต่อการทำความเข้าใจและตรวจสอบความถูกต้องของผลการคำนวณ ดังนั้น จึงต้องมีโปรแกรมเสริมเพื่อช่วยให้สามารถแสดงผลด้านออกจากแบบจำลองด้วยภาพกราฟฟิคที่ง่ายต่อการทำความเข้าใจ คือ โปรแกรม RMAViewer (RMAViewer, 2008) ซึ่งเป็นโปรแกรมที่มีลิขสิทธิ์ในการจัดซื้อเหมือนกับโปรแกรม RMAnet ดังแสดงตัวอย่างผลด้านออกจากแบบจำลอง RMA-10 โดยใช้โปรแกรม RMAviewer โดยแสดงความเร็วของการไหลเป็นเส้นสีและสามารถแสดงเป็นเวกเตอร์ของทิศทางการไหล (ลูกศร) ได้ด้วยในรูปที่ 9



รูปที่ 9 แสดงผลด้านนอกของแบบจำลอง RMA-10

3. ผลการปรับเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง RMA-10

ผลการปรับเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง RMA-10 พบว่า ค่า Manning's n ที่เหมาะสมจะอยู่ในช่วง 0.035 – 0.079 ของแต่ละช่วงของแม่น้ำ ดังแสดงผลการปรับเทียบเป็นระดับน้ำตามแนวยาวลำน้ำได้ในรูปที่ 10



รูปที่ 10 ระดับน้ำตามแนวยาวลำน้ำแสดงผลการปรับเทียบค่า Manning's n

สรุป

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ได้พัฒนาแบบจำลอง RMA-10 ซึ่งเป็นแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ (Hydrodynamic model) พร้อมทั้งได้ทำการปรับเทียบจนได้ค่า Manning'n ที่เหมาะสมสำหรับแม่น้ำ Katherine โดยมีความยาวของแม่น้ำตามแนวลำน้ำโดยประมาณ 10 กิโลเมตร โดยแบบจำลองที่จัดทำขึ้นมีความพร้อมที่จะใช้ในการศึกษาการไหลของน้ำและการศึกษาด้านอื่นๆ ต่อไป ยกตัวอย่างเช่น การศึกษาการกัดเซาะและพัดพาของตะกอนดิน (Erosion and Sediment Transport) ในแม่น้ำต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- King, I.P. 2005. **A Finite Element Model for Stratified Flow**. RMA-10. Users Guide. Version 7.2b, Resource Modelling Associates, Sydney. 76 p.
- McGarry, R. 2007. **A Low Flow Finite Element Hydrodynamic Model of the Katherine River**. School of Engineering and Logistics, Faculty of Technology and Industrial Education, Charles Darwin University. 93 p.
- Natural Resources, Environment and The Arts (NRETA). 2008. **Daly River Catchment**. Northern Territory Government of Australia. Available source <http://www.nt.gov.au/nreta/naturalresources/water/surfacewater/telemeteredsites/daly.shtml>, May 5, 2008.
- RMAnet. 2008. **RMAnet**. Available source <http://www.waterride.net/WR-RMAnet.htm>, July 14, 2008.
- RMAViewer. 2008. **RMAViewer**. Available source <http://www.waterride.net/wr-RMAViewer.htm>, July 14, 2008.