บทที่ 7
การวิเคราะห์ปัญหาการกระจายตัวของมลภาวะในแม่น้ำเจ้าพระยา

ในบทนี้จะเป็นการแสดงศักยภาพของการนำไฟไนต์เอลิเมนต์โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ประดิษฐ์ขึ้นทั้งหมดมาวิเคราะห์ปัญหาการกระจายตัวของมลภาวะในแหล่งน้ำ ซึ่งการวิเคราะห์จะทำทั้งในส่วนของการไหลและการส่งผ่านของมลภาวะในน้ำโดยใช้โปรแกรม SWFLOW และ SWCONC ตามลำดับ นอกจากนี้ยังได้นำเทคนิคการปรับขนาดเอลิเมนต์โดยอัตโนมัติมาประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการคำนวณอีกด้วย ซึ่งจะได้แสดงตัวอย่างการวิเคราะห์ปัญหาการกระจายตัวของมลภาวะจากโรงงานลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยา ดังต่อไปนี้

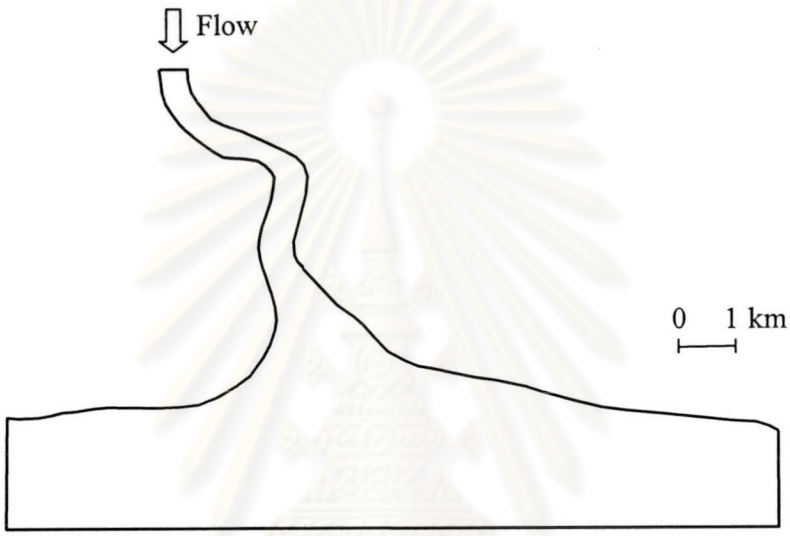
ปัญหาการกระจายตัวของมลภาวะจากโรงงานลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยาเป็นปัญหาที่มีผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมและคุณภาพชีวิตของผู้อยู่อาศัยบริเวณริมฝั่งแม่น้ำโดยตรง ซึ่งหากมีการนำระเบียบวิธีเชิงการคำนวณมาใช้ในการทำนายพฤติกรรมการกระจายตัวของมลภาวะก่อน จะทำให้สามารถกำหนดมาตรการควบคุมปริมาณการปล่อยมลภาวะลงสู่แม่น้ำโดยไม่ทำให้คุณภาพน้ำต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ได้ การวิเคราะห์การกระจายตัวของมลภาวะในแม่น้ำเจ้าพระยาในวิทยานิพนธ์นี้จะพิจารณาแม่น้ำเจ้าพระยาตั้งแต่บริเวณอำเภอพระประแดง จังหวัดสมุทรปราการจนถึงปากอ่าวไทย โดยข้อมูลจริงต่างๆของแม่น้ำอันได้แก่ ขนาดและรูปร่างของริมฝั่งแม่น้ำ และความลึกเฉลี่ย h ในแต่ละตำแหน่งของแม่น้ำนั้นได้มาจากแผนที่ของกรมเจ้าท่า [24]

7.1 การวิเคราะห์การไหลในแม่น้ำเจ้าพระยา

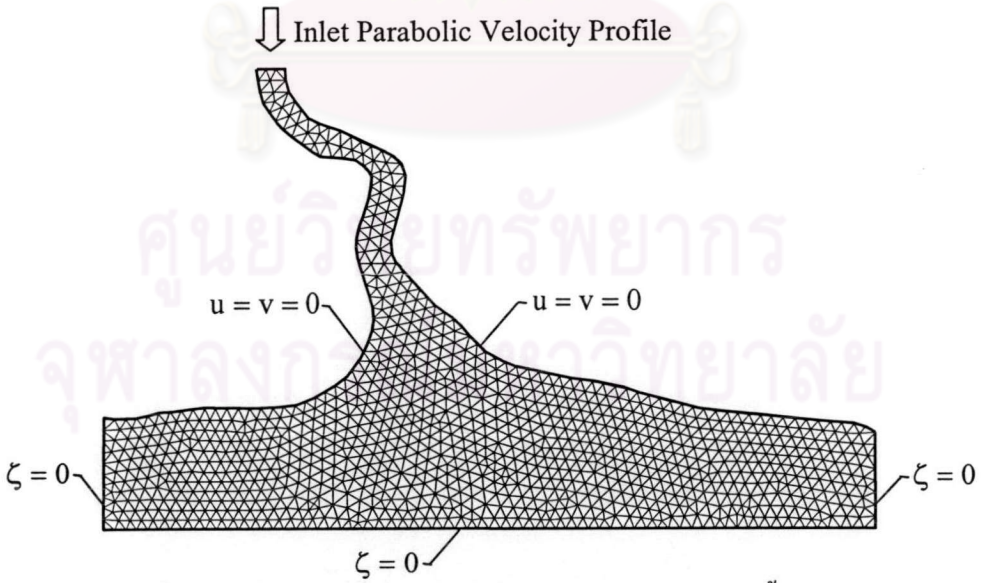
การคำนวณในส่วนแรกจะเป็นการวิเคราะห์หาลักษณะการไหลในแม่น้ำเจ้าพระยาที่มีรูปร่างดังรูปที่ 7.1 โดยจะทำการวิเคราะห์ปัญหาเป็น 2 กรณี คือ กรณีฤดูแล้งซึ่งความเร็วของการไหลในแม่น้ำมีค่าน้อยเท่ากับ 1.5 m/s และกรณีฤดูน้ำหลากซึ่งมีค่าความเร็วของการไหลในแม่น้ำมากเท่ากับ 3 m/s สำหรับค่าคุณสมบัติต่างๆนั้นจะกำหนดค่าความหนืดจลนศาสตร์ ν เท่ากับ $15\,m^2/s$ ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานที่พื้นน้ำ C เท่ากับ $50\sqrt{m}/s$ และค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก g เท่ากับ $9.81\,m/s^2$

การวิเคราะห์ปัญหาจะเริ่มจากการสร้างรูปแบบไฟไนต์เอลิเมนต์แบบสม่ำเสมอซึ่งประกอบไปด้วย 4111 จุดต่อ 1948 เอลิเมนต์ เหมือนกันทั้งกรณีฤดูแล้งและฤดูน้ำหลากก่อนและกำหนดเงื่อนไขขอบเขตดังรูปที่ 7.2 จากนั้นทำการคำนวณลักษณะของการไหลได้ดังรูปที่ 7.3-7.4 และนำค่าการกระจายตัวของความเร็วที่คำนวณ ได้มาทำการปรับขนาดเอลิเมนต์ครั้งที่ 1 ซึ่งประกอบไปด้วย 4153 จุดต่อ 1954 เอลิเมนต์สำหรับกรณีฤดูแล้ง และ 4209 จุดต่อ 1980 เอลิเมนต์สำหรับกรณีฤดูน้ำหลาก จากนั้นคำนวณลักษณะของการไหลใหม่อีกครั้งตามรูปที่ 7.5-7.7

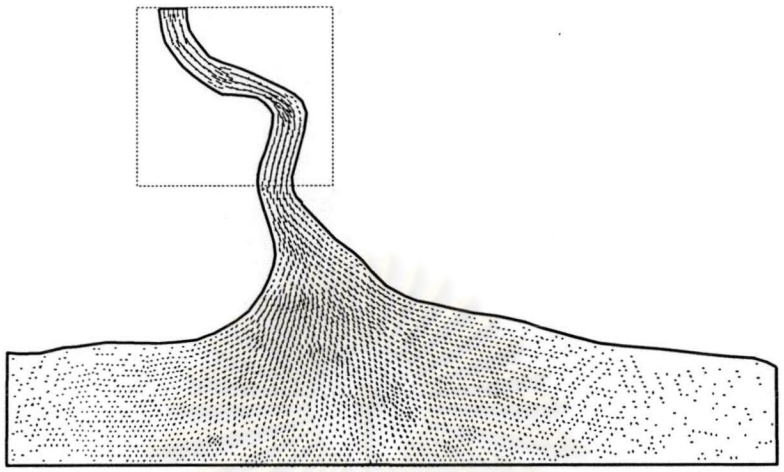
ผลลัพธ์ของความเร็วที่ได้จากการคำนวณในกรณีที่ทำการปรับขนาดเอลิเมนต์ครั้งที่ 1 จะได้นำไปใช้ในการปรับขนาดเอลิเมนต์ครั้งที่ 2 ซึ่งทำให้ได้รูปแบบไฟไนต์เอลิเมนต์ที่ประกอบไปด้วย 3411 จุดต่อ 1594 เอลิเมนต์สำหรับกรณีฤดูแล้ง และ 3284 จุดต่อ 1531 เอลิเมนต์สำหรับกรณีฤดูน้ำหลากดังแสดงในรูปที่ 7.8 ถึงแม้ว่าจำนวนจุดต่อและจำนวนเอลิเมนต์ที่ถูกสร้างขึ้นในการปรับขนาดเอลิเมนต์ครั้งที่ 2 นี้จะมีจำนวนน้อยกว่ากรณีที่ใช้เอลิเมนต์แบบสม่ำเสมอ แต่คำตอบของปัญหาการไหลที่ได้แสดงในรูปที่ 7.9 สามารถให้รายละเอียดของการไหลได้เป็นอย่างดี รายละเอียดของพฤติกรรมการไหลได้แสดงในรูปที่ 7.10 ซึ่งแสดงให้เห็นรายละเอียดของการไหลบริเวณใกล้โรงงานที่ปล่อยมลภาวะ



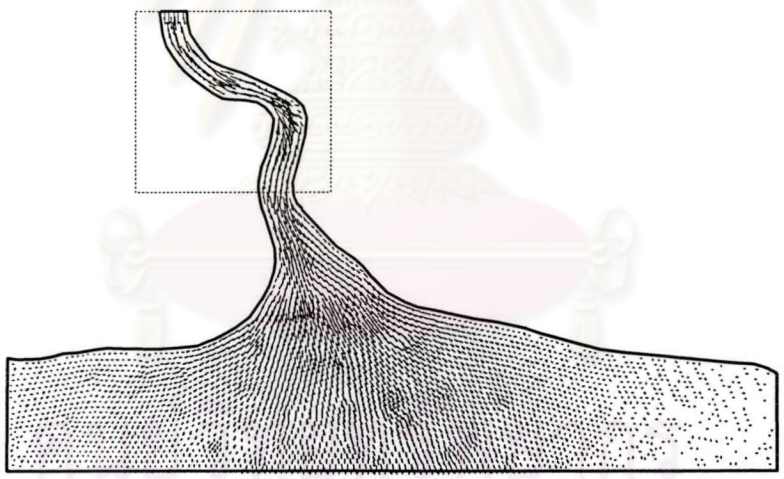
รูปที่ 7.1 ลักษณะของปัญหาการไหลในแม่น้ำเจ้าพระยา



รูปที่ 7.2 รูปแบบไฟไนต์เอลิเมนต์ของปัญหาการไหลในแม่น้ำเจ้าพระยา ที่มีการแบ่งเอลิเมนต์อย่างสม่ำเสมอพร้อมด้วยเงื่อนไขขอบเขต



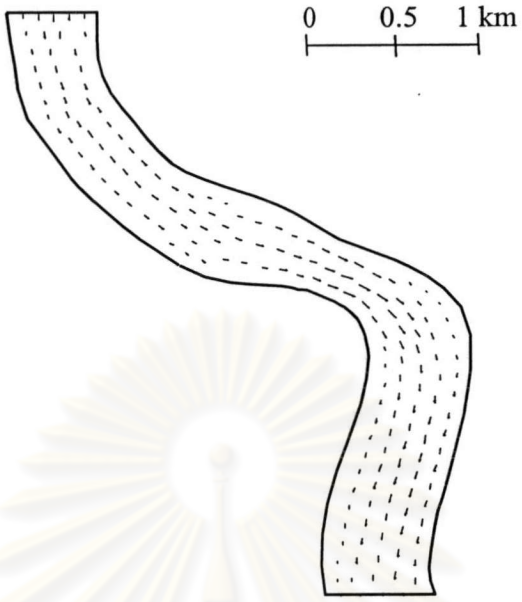
(a)



(b)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 7.3 การกระจายตัวของความเร็วของปัญหาการไหลในแม่น้ำเจ้าพระยา
ที่มีการแบ่งเอลิเมนต์อย่างสม่ำเสมอ
(a) กรณีฤดูแล้ง (b) กรณีฤดูน้ำหลาก

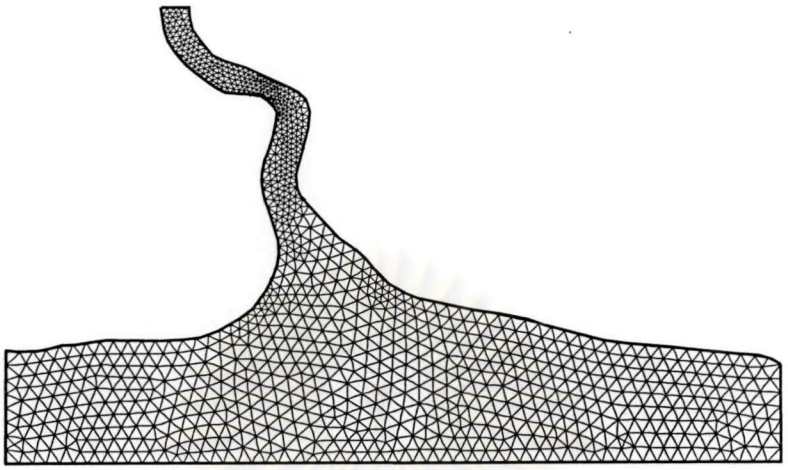


(a)

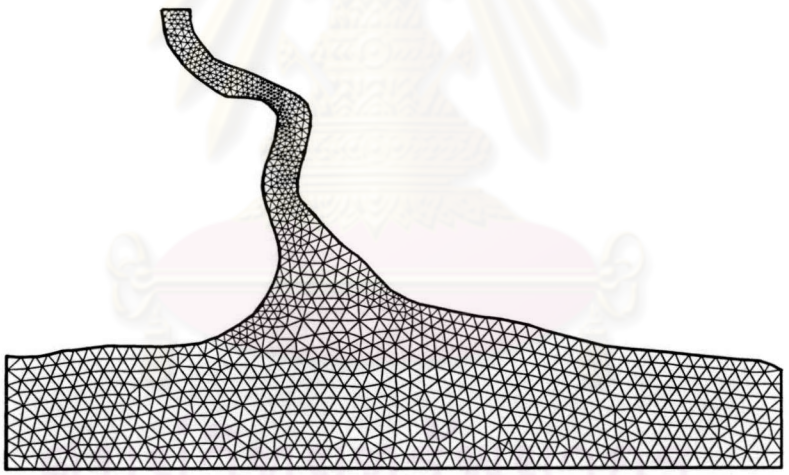
(b)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 7.4 รายละเอียดการกระจายตัวของความเร็วบริเวณใกล้โรงงานของปัญหาการไหลในแม่น้ำเจ้าพระยาที่มีการแบ่งเอลิเมนต์อย่างสม่ำเสมอ
(a) กรณีฤดูแล้ง (b) กรณีฤดูน้ำหลาก



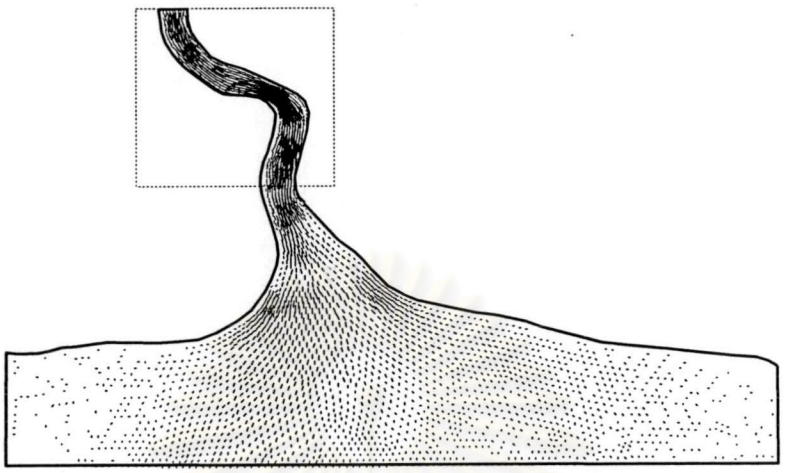
(a)



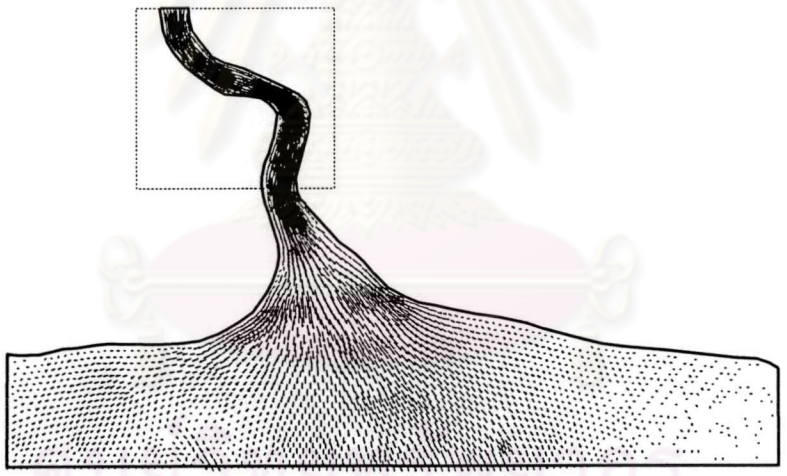
(b)

รูปที่ 7.5 รูปแบบไฟไนต์เอลิเมนต์ของปัญหาการไหลในแม่น้ำเจ้าพระยา
ที่ผ่านการปรับขนาดเอลิเมนต์โดยอัตโนมัติครั้งที่ 1
(a) กรณีฤดูแล้ง (b) กรณีฤดูน้ำหลาก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



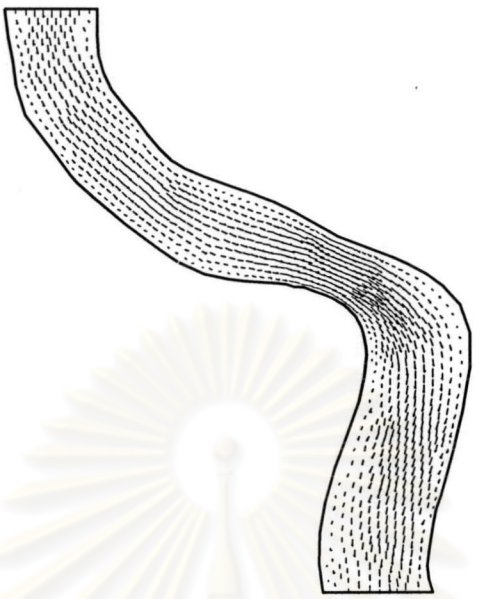
(a)



(b)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 7.6 การกระจายตัวของความเร็วของปัญหาการไหลในแม่น้ำเจ้าพระยา ที่ผ่านการปรับขนาดเอลิเมนต์โดยอัตโนมัติครั้งที่ 1
(a) กรณีฤดูแล้ง (b) กรณีฤดูน้ำหลาก

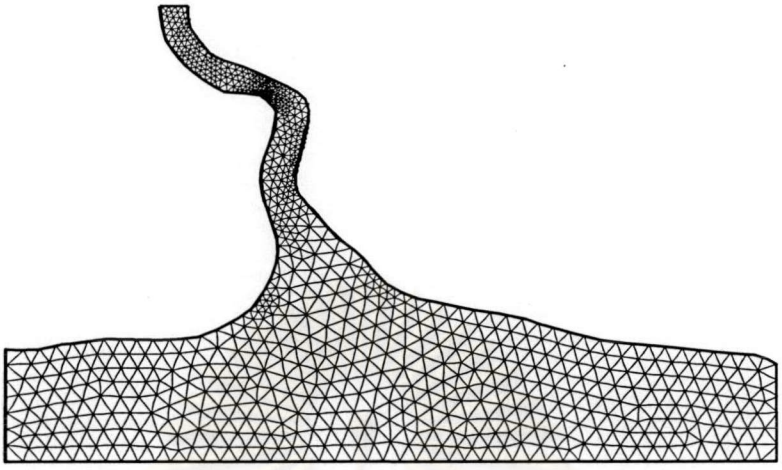


(a)

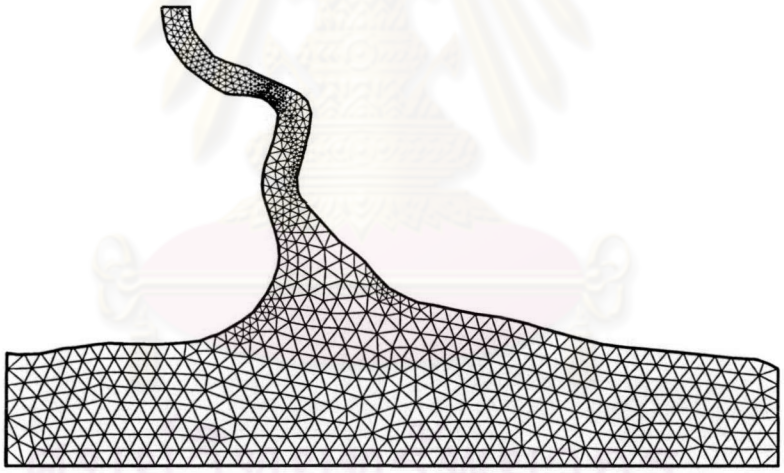
(b)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 7.7 รายละเอียดการกระจายตัวของความเร็วบริเวณใกล้โรงงานของปัญหาการไหลในแม่น้ำเจ้าพระยาที่ผ่านการปรับขนาดเอลิเมนต์โดยอัตโนมัติครั้งที่ 1
(a) กรณีฤดูแล้ง (b) กรณีฤดูน้ำหลาก



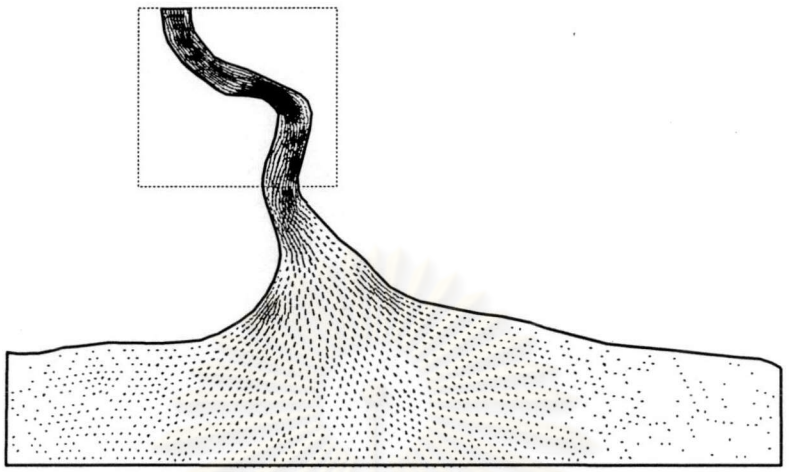
(a)



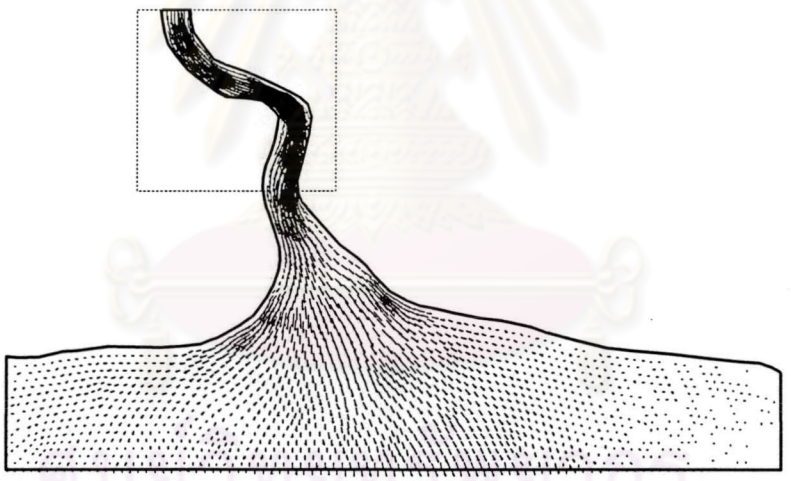
(b)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 7.8 รูปแบบไฟไนต์เอลิเมนต์ของปัญหาการไหลในแม่น้ำเจ้าพระยา
ที่ผ่านการปรับขนาดเอลิเมนต์โดยอัตโนมัติครั้งที่ 2
(a) กรณีฤดูแล้ง (b) กรณีฤดูน้ำหลาก



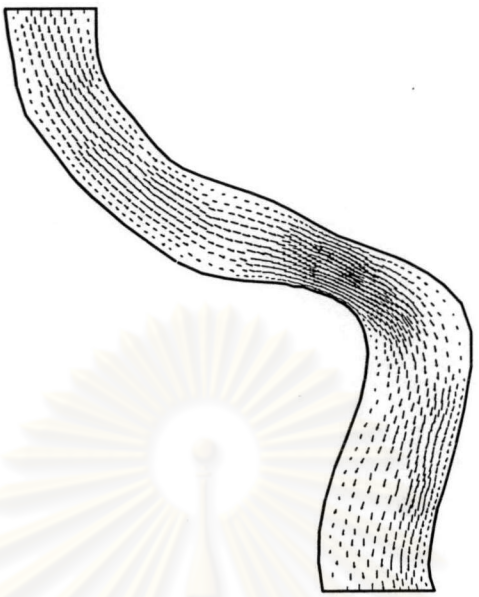
(a)



(b)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 7.9 การกระจายตัวของความเร็วของปัญหาการไหลในแม่น้ำเจ้าพระยา
ที่ผ่านการปรับขนาดเอลิเมนต์โดยอัตโนมัติครั้งที่ 2
(a) กรณีฤดูแล้ง (b) กรณีฤดูน้ำหลาก



(a)

(b)

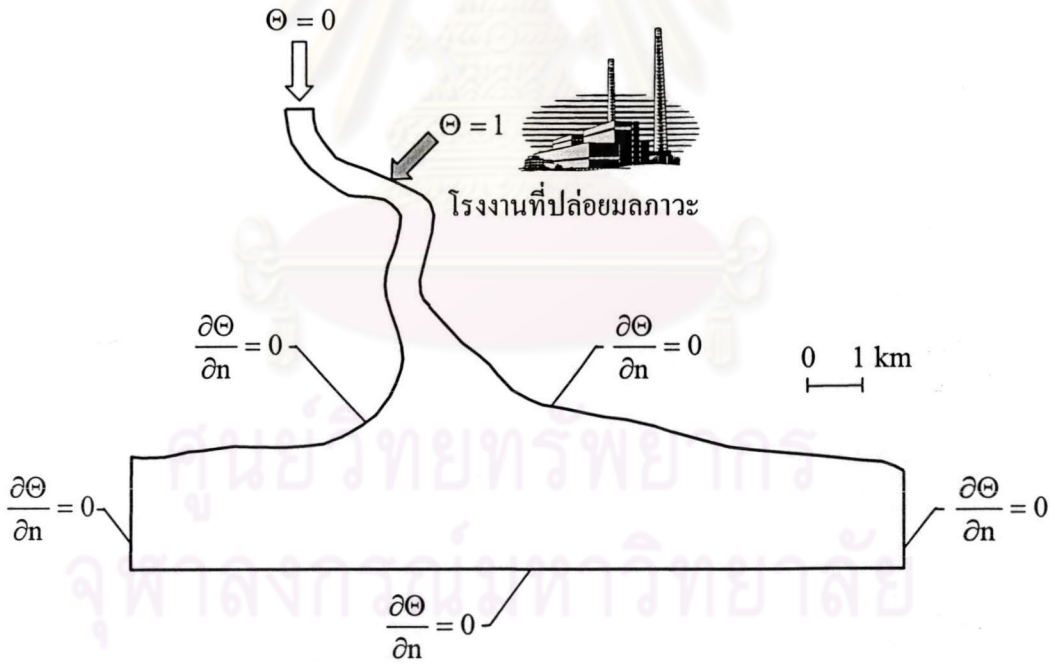
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 7.10 รายละเอียดการกระจายตัวของความเร็วบริเวณใกล้โรงงานของปัญหาการไหลในแม่น้ำเจ้าพระยาที่ผ่านการปรับขนาดเอลิเมนต์โดยอัตโนมัติครั้งที่ 2
(a) กรณีฤดูแล้ง (b) กรณีฤดูน้ำหลาก

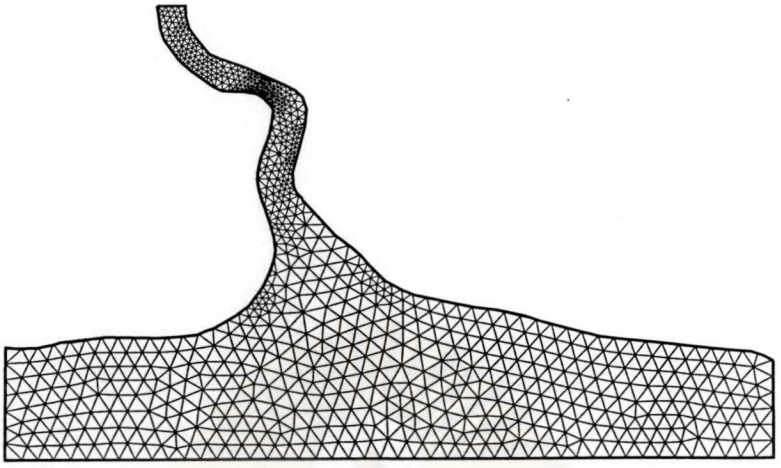
7.2 การวิเคราะห์การส่งผ่านของมลภาวะในแม่น้ำเจ้าพระยา

เมื่อได้ลักษณะการกระจายตัวของความเร็วในแม่น้ำที่มีความถูกต้องแม่นยำจากการใช้เทคนิคการปรับขนาดเอลิเมนต์โดยอัตโนมัติมาประยุกต์แล้ว จะได้นำความเร็วดังกล่าวมาใช้คำนวณต่อเนื่องในส่วนที่สองที่เป็นการวิเคราะห์การส่งผ่านของมลภาวะในแม่น้ำซึ่งลักษณะของปัญหาพร้อมด้วยเงื่อนไขขอบเขตได้แสดงในรูปที่ 7.11 โดยการคำนวณต่อเนื่องนี้จะนำรูปแบบไฟไนต์เอลิเมนต์ที่ผ่านการปรับขนาดเอลิเมนต์โดยอัตโนมัติครั้งที่ 2 ในส่วนของการไหลมาคำนวณการส่งผ่านของมลภาวะดังรูปที่ 7.12 โดยกำหนดค่าสัมประสิทธิ์ของการแพร่กระจายมลภาวะ D ให้เท่ากับ $83\ m^2/s$ และใช้ช่วงเวลาการคำนวณเท่ากับ 2 s

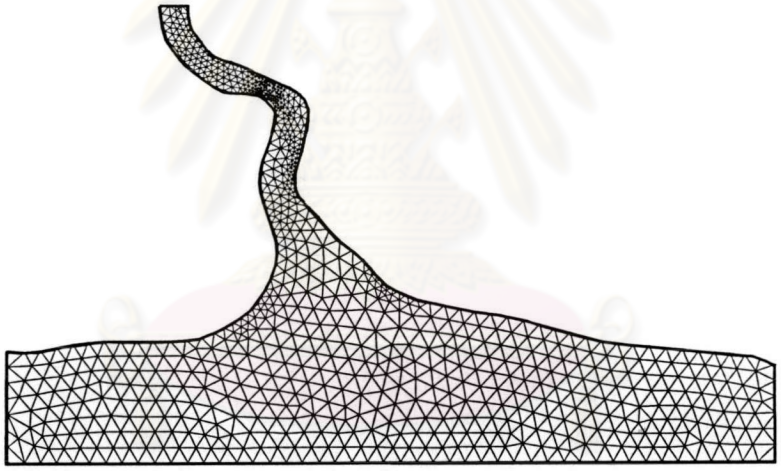
ลักษณะการกระจายตัวของมลภาวะในแม่น้ำได้ถูกแสดงไว้ในรูปที่ 7.13 ซึ่งจะสังเกตได้ว่าในฤดูน้ำหลากน้ำในแม่น้ำสามารถพัดพามลภาวะที่ถูกปล่อยมาจากโรงงานออกสู่ปากแม่น้ำได้ดีกว่าในฤดูแล้ง นอกจากนี้รูปที่ 7.14 ยังได้รายละเอียดการกระจายตัวของมลภาวะในแม่น้ำบริเวณใกล้โรงงานเพื่อให้สามารถเห็นถึงค่าความเข้มข้นของมลภาวะในแต่ละตำแหน่งได้อย่างชัดเจน



รูปที่ 7.11 ลักษณะของปัญหาการส่งผ่านของมลภาวะในแม่น้ำเจ้าพระยา พร้อมด้วยเงื่อนไขขอบเขต



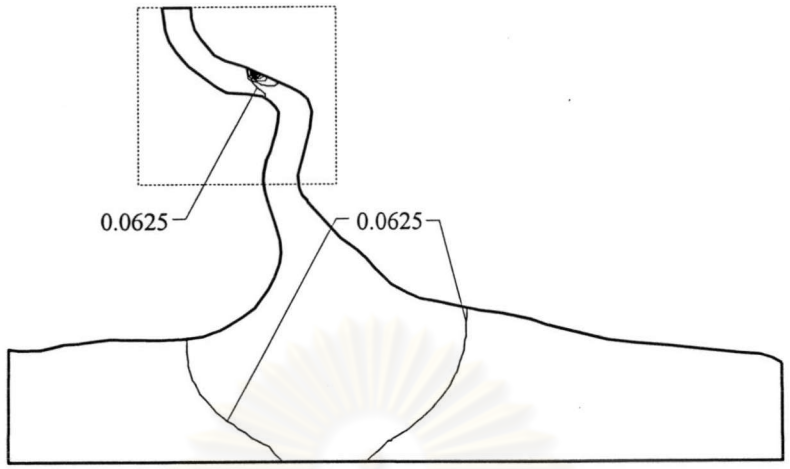
(a)



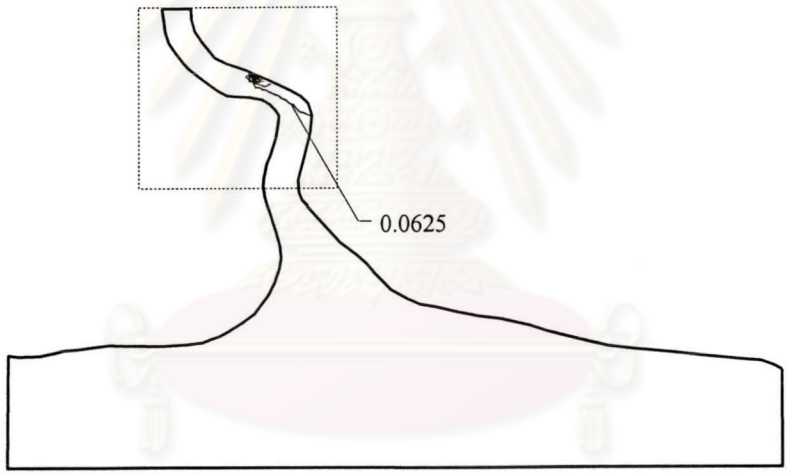
(b)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 7.12 รูปแบบไฟไนต์เอลิเมนต์ของปัญหาการส่งผ่านของมลภาวะในแม่น้ำเจ้าพระยา
(a) กรณีฤดูแล้ง (b) กรณีฤดูน้ำหลาก



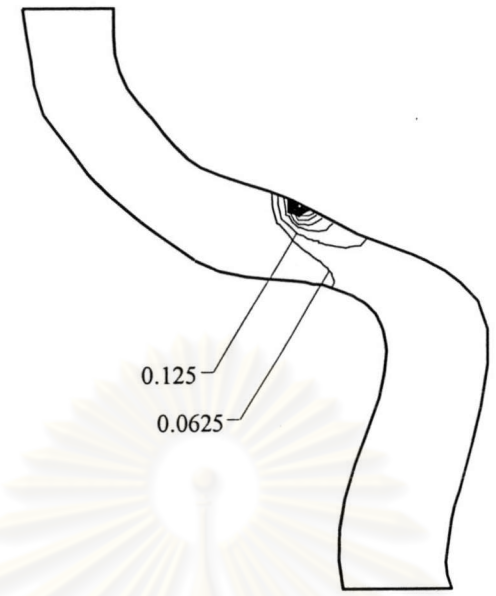
(a)



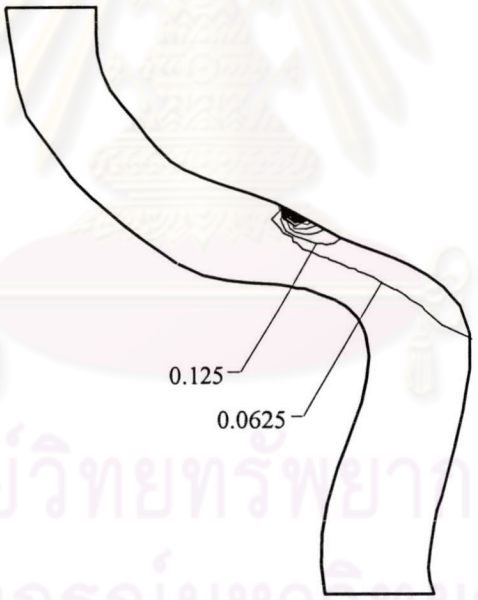
(b)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 7.13 การกระจายตัวของมลภาวะของปัญหาการส่งผ่านของมลภาวะ
ในแม่น้ำเจ้าพระยาที่เวลา 12,000 วินาที
(a) กรณีฤดูแล้ง (b) กรณีฤดูน้ำหลาก



(a)



(b)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 7.14 รายละเอียดการกระจายตัวของมลภาวะบริเวณใกล้โรงงานของปัญหาการส่งผ่านของมลภาวะในแม่น้ำเจ้าพระยาที่เวลา 12,000 วินาที
(a) กรณีฤดูแล้ง (b) กรณีฤดูน้ำหลาก