บทที่ 5
การประยุกต์ใช้แบบจำลอง

ในการศึกษาการจำลองสภาพการแพร่ของน้ำเค็มในชั้นน้ำนนทบุรี มีความจำเป็นต้องศึกษาข้อมูลต่างๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของความเข้มข้นคลอไรด์ เช่น ค่าพารามิเตอร์ทางด้านชลศาสตร์ และอัตราการสูบน้ำ มาประยุกต์ใช้กับแบบจำลองสภาพการไหลของน้ำใต้ดิน เพื่อนำระดับน้ำบาดาลจากการคำนวณจากแบบจำลองการไหลของน้ำใต้ดินมาใช้ในการจำลองสภาพการแพร่ของน้ำเค็ม สามารถสรุปขั้นตอนการประยุกต์ และการจัดการข้อมูลต่างๆ ที่ใช้ได้ ดังนี้

5.1 ขั้นตอนการประยุกต์ใช้

แบบจำลองสภาพการไหลของน้ำใต้ดิน สร้างขึ้นโดยมีจุดมุ่งหมายที่ศึกษาสภาพการไหลของน้ำใต้ดิน การรุกล้ำของน้ำเค็ม และการคาดการณ์ระดับน้ำใต้ดินที่เปลี่ยนแปลงไป เพื่ออธิบายสภาพทางอุทกธรณีที่มีผลต่อการลดลงของระดับน้ำบาดาลอย่างรวดเร็ว และการรุกล้ำของน้ำเค็ม และเพื่อประมาณพฤติกรรมของการไหลของน้ำใต้ดินและการรุกล้ำของน้ำเค็ม จากการสูบน้ำในแผนการควบคุมการสูบน้ำต่างๆ การศึกษาการจำลองสภาพการแพร่ของน้ำเค็มในครั้งนี้จึงนำแบบจำลองการไหลของน้ำใต้ดินมาประยุกต์ใช้กับแบบจำลองการแพร่ของสาร MT3D เพื่ออธิบายถึงแหล่งที่มาน้ำเค็มในชั้นน้ำนนทบุรี และค่าพารามิเตอร์ทางอุทกธรณีที่มีผลต่อพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของน้ำเค็มเนื่องจากการสูบน้ำ โดยตั้งสมมุติฐานว่าการที่น้ำเค็มแพร่ในชั้นน้ำนนทบุรีนี้มาจาก 2 สาเหตุ คือ การรั่วซึมของน้ำเค็มจากชั้นน้ำที่อยู่สูงกว่าไปยังชั้นน้ำที่อยู่ด้านล่าง และ การแพร่ของน้ำเค็มจากทะเล จากอิทธิพลของการสูบน้ำในอดีตและปัจจุบัน และคาดการณ์การรุกล้ำของน้ำเค็มภายใต้การสูบน้ำในมาตราการต่างๆกัน ซึ่งมีรายละเอียดของขั้นตอนการจำลองการไหลของน้ำใต้ดินและการแพร่ของน้ำเค็ม ดังนี้

5.1.1 การจัดแบ่งชั้นและเงื่อนไขขอบเขต

พื้นที่ศึกษาในครั้งนี้เป็นส่วนหนึ่งของลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนใต้ จึงจำเป็นต้องศึกษาสภาพทางอุทกธรณีวิทยาของแอ่งน้ำใต้ดินของลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนใต้ประกอบด้วย เพื่อจำลองสภาพการไหลของน้ำใต้ดิน และกำหนดขอบเขตของแอ่งน้ำใต้ดินที่ส่งผลต่อโครงสร้างของแอ่งน้ำใต้ดิน และพบว่าชั้นหินอุ้มน้ำมีความต่อเนื่องกันกับนอกพื้นที่ศึกษา โดยเฉพาะพื้นที่ทางด้านทิศตะวันตกและทางด้านทิศเหนือของพื้นที่ ซึ่งการไหลของด้านนอกของพื้นที่ศึกษามีผลกระทบต่อสภาพการไหลของพื้นที่ศึกษา จากสภาพปัญหาดังกล่าวจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องกำหนดพื้นที่ของการคำนวณ เป็น 2 ระดับ ดังรูปที่ 5-1 คือ

- การจำลองพื้นที่วงใหญ่ เพื่อสร้างเงื่อนไขการไหลและเติมน้ำให้กับพื้นที่ศึกษา มีขนาดกริดแปรผันจาก 2 กม. x 4 กม. ไปจนถึง 16 กม. x 16 กม. ซึ่งจะเพิ่มขนาดตามระยะทางที่ห่างจากพื้นที่ศึกษา

- การจำลองพื้นที่วงเล็ก เพื่อวิเคราะห์การไหลและการแพร่ของน้ำเค็ม พื้นที่ศึกษาขนาดกริด 2 กม. x 2 กม. ครอบคลุมพื้นที่ศึกษาทั้งหมด (7 จังหวัด)

แบบจำลองการไหลของน้ำใต้ดินและการแพร่ของน้ำเค็มในพื้นที่ศึกษานี้ ซึ่งแบ่งกริดเซลล์ตามการศึกษาของ JICA (1995) ซึ่งแต่ละชั้นของแบบจำลองจะมีจำนวนกริดเท่ากับ 2,860 กริด (55 แถว X 52 หลัก) ในพื้นที่ศึกษาจะมีกริดทั้งหมด 1,600 กริด ครอบคลุมพื้นที่ 6,400 ตารางกิโลเมตร

แบบจำลองนี้แบ่งออกชั้นน้ำเป็น 10 ชั้นตามการแบ่งลักษณะทางอุทกธรณี จะมีจำนวนเซลล์ 3 มิติทั้งหมด 28,600 เซลล์ (55 แถว x 52 หลัก x 10 ชั้น) ดังรูปที่ 5-2 ซึ่งชั้นแรกกำหนดให้เป็นชั้นน้ำไม่มีแรงดัน (unconfined aquifer, UC) ซึ่งกำหนดให้ทำหน้าที่เสมือนกับเป็นระดับน้ำผิวดินที่อยู่บนชั้นดินเหนียวกรุงเทพ (BC) และเป็นชั้นที่เติมน้ำให้กับชั้นน้ำอื่นๆ โดยที่ชั้นน้ำกรุงเทพ (BK) ถึงชั้นน้ำปากน้ำ (PN) มีขอบเขตพื้นที่ตามสภาพทางสัณฐานธรณีและอุทกธรณี และแต่ละชั้นน้ำจะรวมชั้นทราย กรวด ทรายละเอียด (silt) และดินเหนียวเข้าไว้ด้วยกัน จากความแตกต่างของค่าพารามิเตอร์ทางชลศาสตร์ของแต่ละพื้นที่และสภาพดินและสภาพทางธรณีวิทยา จึงกำหนดให้แบบจำลองนี้เป็นแบบจำลองที่ชั้นน้ำไม่เป็นเนื้อเดียวกัน (heterogeneous aquifers) และเป็นการไหลที่ขึ้นกับทิศทางการไหล (anisotropy)

5.1.1.1 **การจัดแบ่งชั้นในแบบจำลอง**

การจัดแบ่งชั้นน้ำกำหนดระดับผิวดินด้านบนของแบบจำลองจากแผนที่ระดับผิวดิน และข้อมูลระดับผิวดินในพื้นที่ศึกษาจากหมุดหลักฐานของกรมทรัพยากรธรณี และกรมแผนที่ทหาร ระดับของพื้นที่ด้านนอกกำหนดขึ้นได้จากแผนที่ภูมิประเทศของภาคกลาง มาตรส่วน 1:50,000 และสำหรับระดับบนและล่างของชั้นน้ำกำหนดขึ้นจากการสำรวจบ่อบาดาล (Bore logs) และแผนที่ธรณีวิทยา มาตราส่วน 1: 250,000 และกำหนดให้ชั้นดินเหนียวกรุงเทพ (UC) เป็นชั้นน้ำไม่มีแรงดัน สำหรับชั้นน้ำอื่นๆ กำหนดให้เป็นชั้นน้ำมีแรงดัน (Confined Aquifer) จากสภาพทางอุทกธรณีและธรณีวิทยา สามารถแบ่งชั้นน้ำในแบบจำลองออกเป็น 10 ชั้นน้ำด้วยกัน ดังรูปที่ 5-3 คือ

1.ชั้นดินเหนียวกรุงเทพ (UC) เป็นชั้นน้ำแบบเปิด (Unconfined Aquifer) และเป็นชั้นน้ำที่กำหนดให้อยู่สูงจากระดับของผิวดินประมาณ 1 เมตร เพื่อให้เป็นชั้นน้ำที่น้ำสามารถไหลเข้ามาเพิ่มเติมในพื้นที่ได้

2.ชั้นดินเหนียวอ่อนกรุงเทพ (BC) มีระดับความลึกประมาณ 3-22 เมตร

3.ชั้นน้ำกรุงเทพ (BK) มีระดับความลึกประมาณ 22-50 เมตร

4.ชั้นน้ำพระประแดง (PD) มีระดับความลึกประมาณ 60-100 เมตร

5.ชั้นน้ำนครหลวง (NL) มีระดับความลึกประมาณ 110-160 เมตร

6.ชั้นน้ำนนทบุรี (NB) มีระดับความลึกประมาณ 180-200 เมตร

7.ชั้นน้ำสามโคก (SK) มีระดับความลึกประมาณ 240-250 เมตร

8.ชั้นน้ำพญาไท (PT) มีระดับความลึกประมาณ 245-320 เมตร

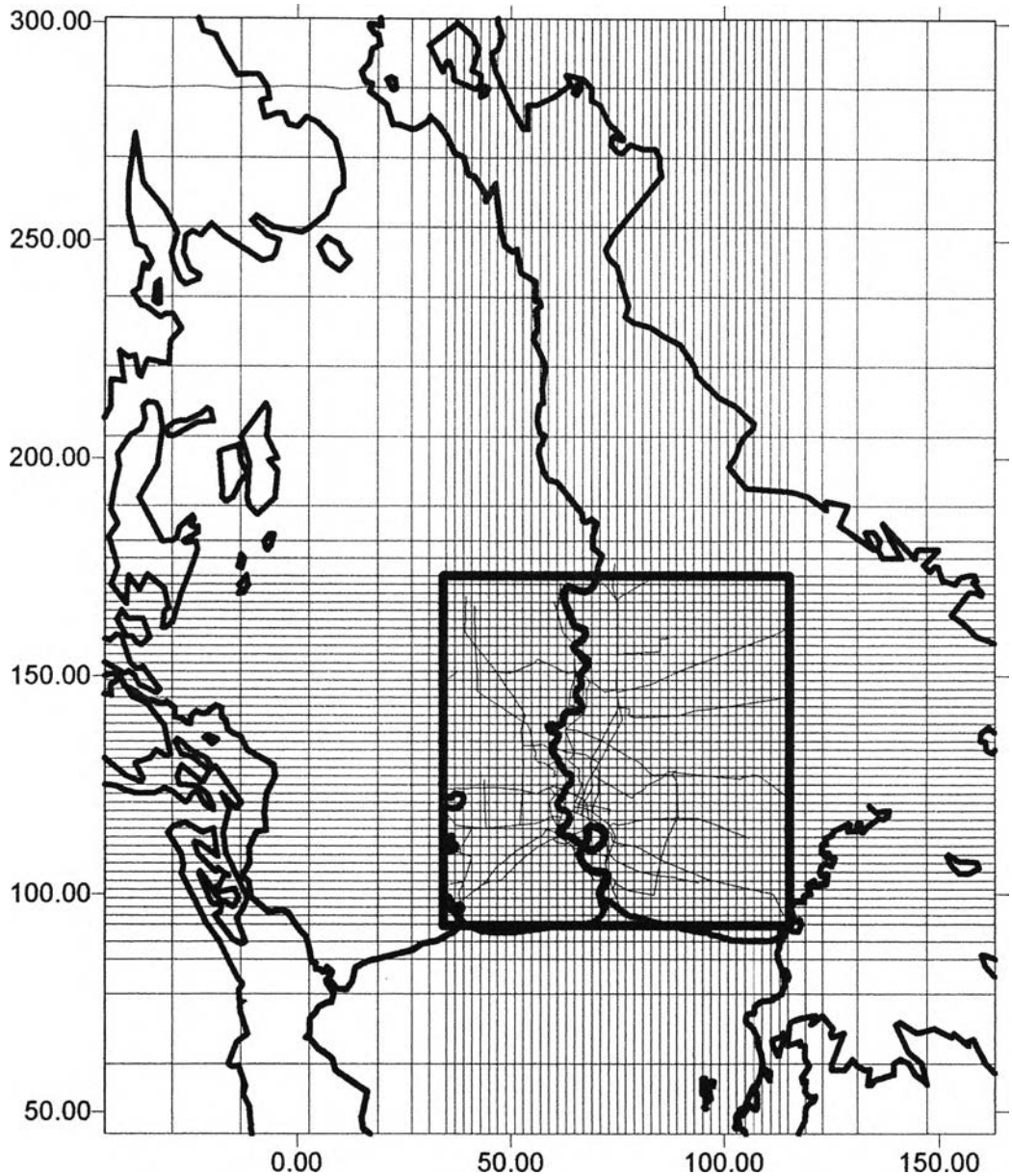
9.ชั้นน้ำธนบุรี (TB) มีระดับความลึกประมาณ 350-435 เมตร

10.ชั้นน้ำปากน้ำ (PN) มีระดับความลึกประมาณ 530 เมตร

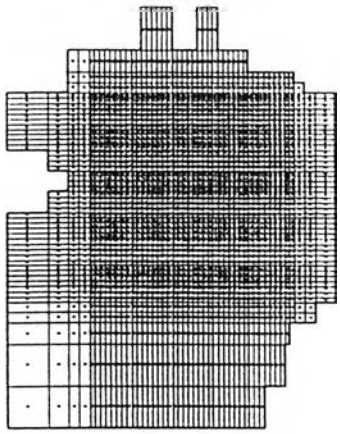
5.1.1.2 **เงื่อนไขขอบเขต** (Boundary Condition)

การระบุสภาพของขอบเขตสำหรับการคำนวณเชิงตัวเลขขึ้นอยู่กับสภาพทางอุทกธรณี โดยกำหนดเนื้อที่ของแต่ละชั้นน้ำให้เป็นไปตามสภาพธรณี รูปที่ 5-4 ภาพตัดขวางของระบบชั้นน้ำทั้งหมด และการประยุกต์แบบจำลองชั้นน้ำ 3 มิติ

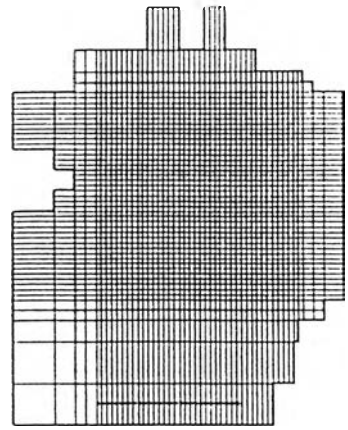
จากข้อมูลสภาพธรณี พื้นที่กรุงเทพมหานครตั้งอยู่บนชั้นดินเหนียวกรุงเทพ (Bangkok Clay, BC) ขอบเขตพื้นที่ของชั้นดินเหนียวกรุงเทพนี้มีทิศเหนืออยู่ติดกับจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ทิศตะวันออกเฉียงเหนืออยู่ติดกับจังหวัดนครนายกและทิศตะวันตกอยู่ติดกับ



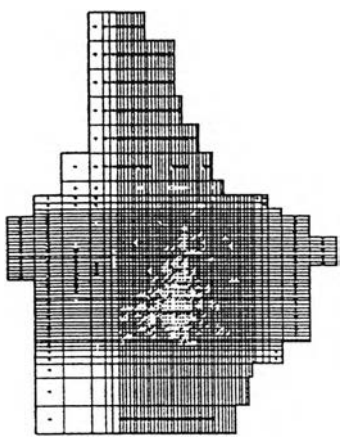
รูปที่ 5-1 การแบ่งกริดในแบบจำลอง MODFLOW และ MT3D



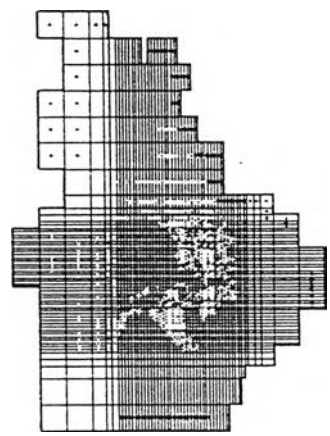
ชั้นที่ 1



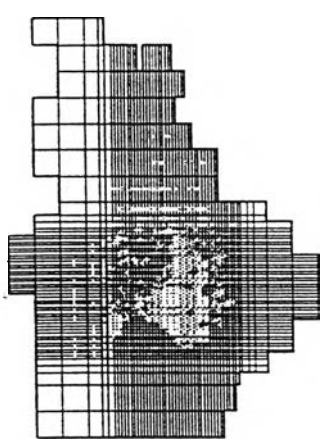
ชั้นที่2



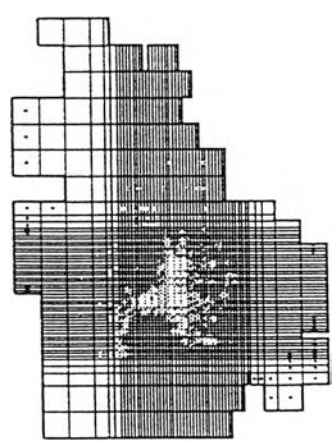
ชั้นที่3



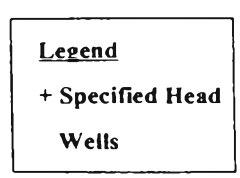
ชั้นที่ 4



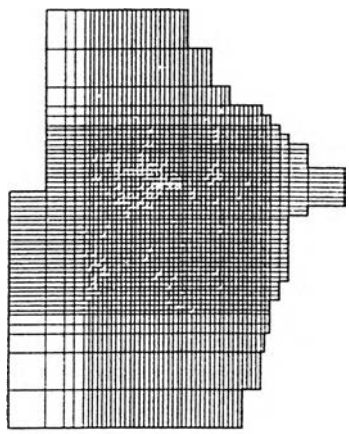
ชั้นที่ 5



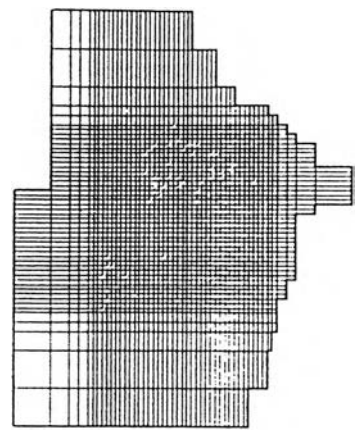
ชั้นที่ 6



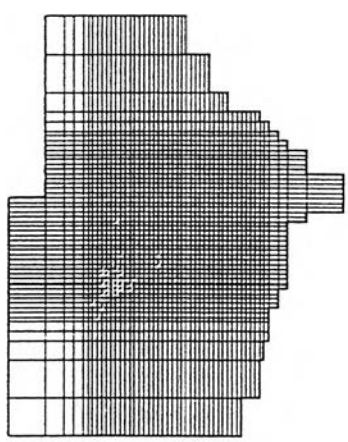
รูปที่ 5-2 ลักษณะกริดเซลล์และการกำหนดค่าขอบเขตต่างๆ ของแต่ละชั้น



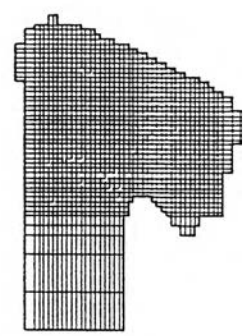
ชั้นที่ 7



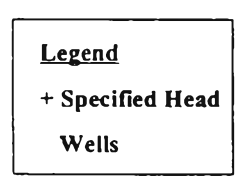
ชั้นที่ 8



ชั้นที่ 9



ชั้นที่ 10



รูปที่ 5-2 (ต่อ) ลักษณะกริดเซลล์และการกำหนดค่าขอบเขตต่างๆ ของแต่ละชั้น

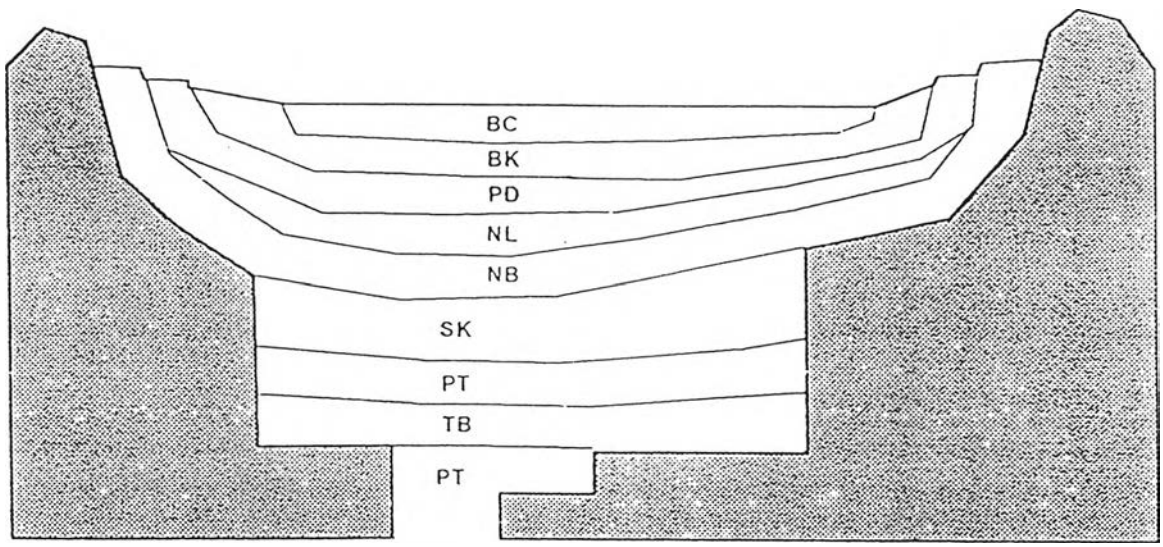
จังหวัดนครปฐม (AIT,1980) แผนที่ทางธรณีของที่ราบภาคกลางตอนล่างจากการศึกษาที่ผ่านมา พบว่า พื้นที่จากอยุธยาถึงชัยนาทวางตัวอยู่บนดินตะกอนของ Ayutthaya Delta และ Chai Nat Delta ซึ่งสัมพันธ์กับชั้นน้ำกรุงเทพ (BK) ทิศตะวันออกและตะวันตกของพื้นที่ที่ราบภาคกลางตอนล่างวางตัวอยู่บน fan deposits และ middle terrace deposits ซึ่งสัมพันธ์กับชั้นน้ำพระประแดง (PD) และ ชั้นน้ำนครหลวง (NL) ดินตะกอนทับถมที่อยู่สูงกว่า (ทางด้านเหนือ) ซึ่งลาดตัวลงมาของพื้นที่เหล่านั้นสัมพันธ์กับชั้นน้ำนนทบุรี สำหรับดินตะกอนชั้นน้ำสามโคก (SK) ยังไม่มีข้อมูลเพียงพอที่อธิบายถึงความสัมพันธ์กัน

การกำหนดค่าทางอุทกธรณีของระบบชั้นน้ำมีแบบจำลองเบื้องต้น (conceptual model) แสดงในรูปที่ 5-4 กำหนดให้ชั้นไม่มีแรงดัน (UC) ที่ด้านบนสุดอยู่บนชั้นดินเหนียวกรุงเทพ เพื่อทำให้ส่วนบนสุดของชั้นดินเหนียวกรุงเทพ เป็น constant head และกำหนดให้มีการเติมน้ำบางส่วนให้กับเซลล์ของชั้นน้ำกรุงเทพ ชั้นน้ำพระประแดง และชั้นน้ำนนทบุรี ชั้นน้ำสามโคก ถึงชั้นน้ำปากน้ำ กำหนดขอบเขตโดยชั้นหิน (bedrock) โดยที่ชั้นนนทบุรี (NB) เป็นที่มีการวางตัวกว้างที่สุดในพื้นที่โมเดลไปจนถึงชั้นหิน (bedrock outcrops) สำหรับพื้นที่ของชั้นน้ำปากน้ำ (PN) ถูกจำกัดด้วยโครงสร้างของชั้นหิน

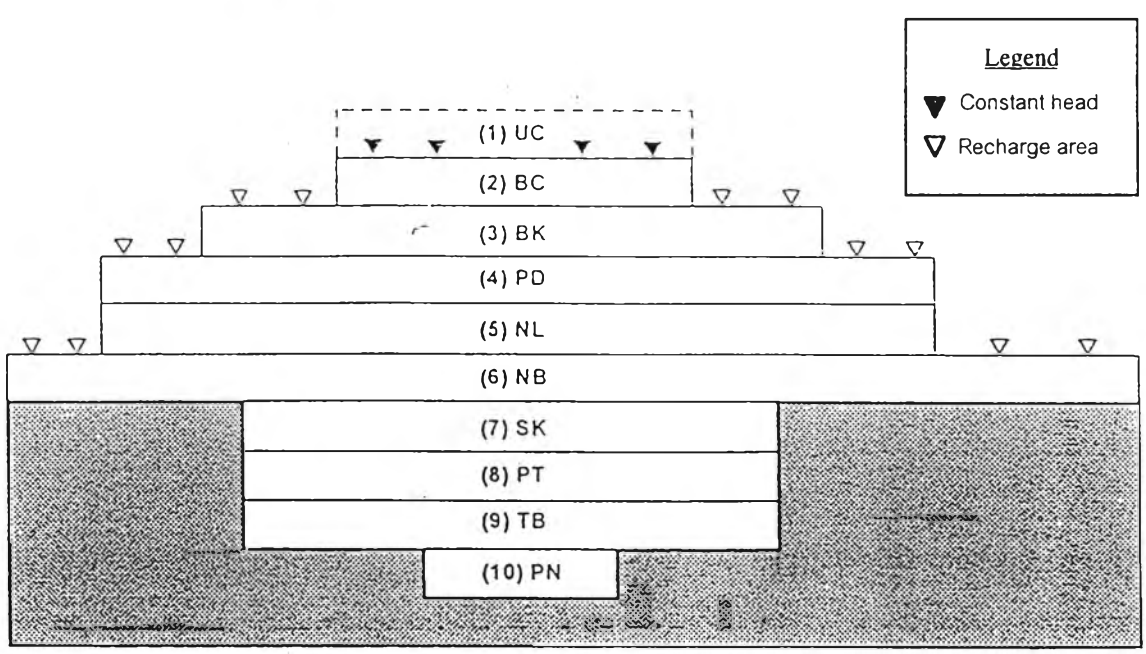
เซลล์ที่อยู่นอกขอบเขตในแต่ละชั้นกำหนดให้เป็นเซลล์ inactive ในโมเดลสภาพขอบเขตระดับน้ำคงที่ (constant head) ถูกกำหนดในเซลล์ active ของชั้นไม่มีแรงดัน (UC) ทั้งหมด และกำหนดขอบเขต constant head ให้กับเซลล์ active ที่แถวล่างสุดของแบบจำลองของชั้นดินเหนียวกรุงเทพ ชั้นน้ำกรุงเทพและพระประแดง และกำหนดขอบเขต constant flow ให้กับเซลล์ active ที่แถวบนสุดของชั้นน้ำนนทบุรี เนื่องจากมีชั้นน้ำต่อเนื่องไปทางทิศเหนือ ขอบเขตที่เหลือของแต่ละชั้นกำหนดให้เป็นขอบเขต ที่ไม่มีการไหล (no-flow)

การกำหนดให้ขอบเขต constant head ที่เป็นเซลล์ที่ระดับน้ำคงที่ อยู่ที่บริเวณขอบด้านล่างของชั้นน้ำกรุงเทพ บริเวณขอบของชั้นน้ำพระประแดงและชั้นน้ำนนทบุรี และกำหนดให้เป็นเซลล์ที่มีการให้น้ำแก่ชั้นน้ำ (recharge)

การกำหนดให้ขอบเขตความเข้มข้นคลอไรด์ จะกำหนดให้เซลล์แถวสุดท้ายที่บริเวณอ่าวไทย เป็นความเข้มข้นคงที่ (constant concentration) เท่ากับ 35,000 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับชั้นน้ำไม่มีแรงดัน กำหนดให้มีความเข้มข้นคลอไรด์ เท่ากับ 35,000 มิลลิกรัมต่อลิตร



รูปที่ 5-3 การแบ่งชั้นน้ำในแบบจำลองการไหล



รูปที่ 5-4 ภาพตัดขวางของระบบชั้นน้ำต่าง ๆ และการประยุกต์แบบจำลองชั้นน้ำ 3 มิติ

และชั้นดินเหนียวกรุงเทพและชั้นน้ำกรุงเทพจะใช้ข้อมูลปริมาณเกลือ (Salt Content) ที่ละลายในชั้นน้ำ จากการศึกษาของ Gangopadhyay (1993) ซึ่งกำหนดให้มีความเข้มข้นคงที่ ชั้นน้ำพระประแดง นครหลวง และชั้นน้ำนนทบุรี จะใช้ความเข้มข้นคลอไรด์ในปี 2529 เป็นความเข้มข้นตั้งต้น สำหรับชั้นน้ำอื่นๆที่เหลือกำหนดให้มีความเข้มข้นคลอไรด์ เท่ากับ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งได้ข้อมูลความเค็มจากบ่อที่เจาะสำรวจโดยการศึกษาของ JICA (1995) และเซลล์ที่อยู่บริเวณขอบของชั้นน้ำต่างๆ กำหนดให้มีความเข้มข้นเท่ากับศูนย์

5.1.2 ขั้นตอนการจำลองสภาพการไหลของน้ำใต้ดิน

1.ประมาณค่าอัตราการสูบน้ำจากข้อมูลระเบียนบ่อบาดาลของหน่วยงานต่างๆทั้งในส่วนของภาคราชการ/รัฐวิสาหกิจ และภาคเอกชน ในพื้นที่กรุงเทพฯและปริมณฑล เพื่อใช้ในแบบจำลอง ตามหัวข้อที่ 3.3

2. จัดเตรียมอัตราการสูบน้ำในพื้นที่กระจายลงในกริดเซลล์ของแบบจำลอง MODFLOW

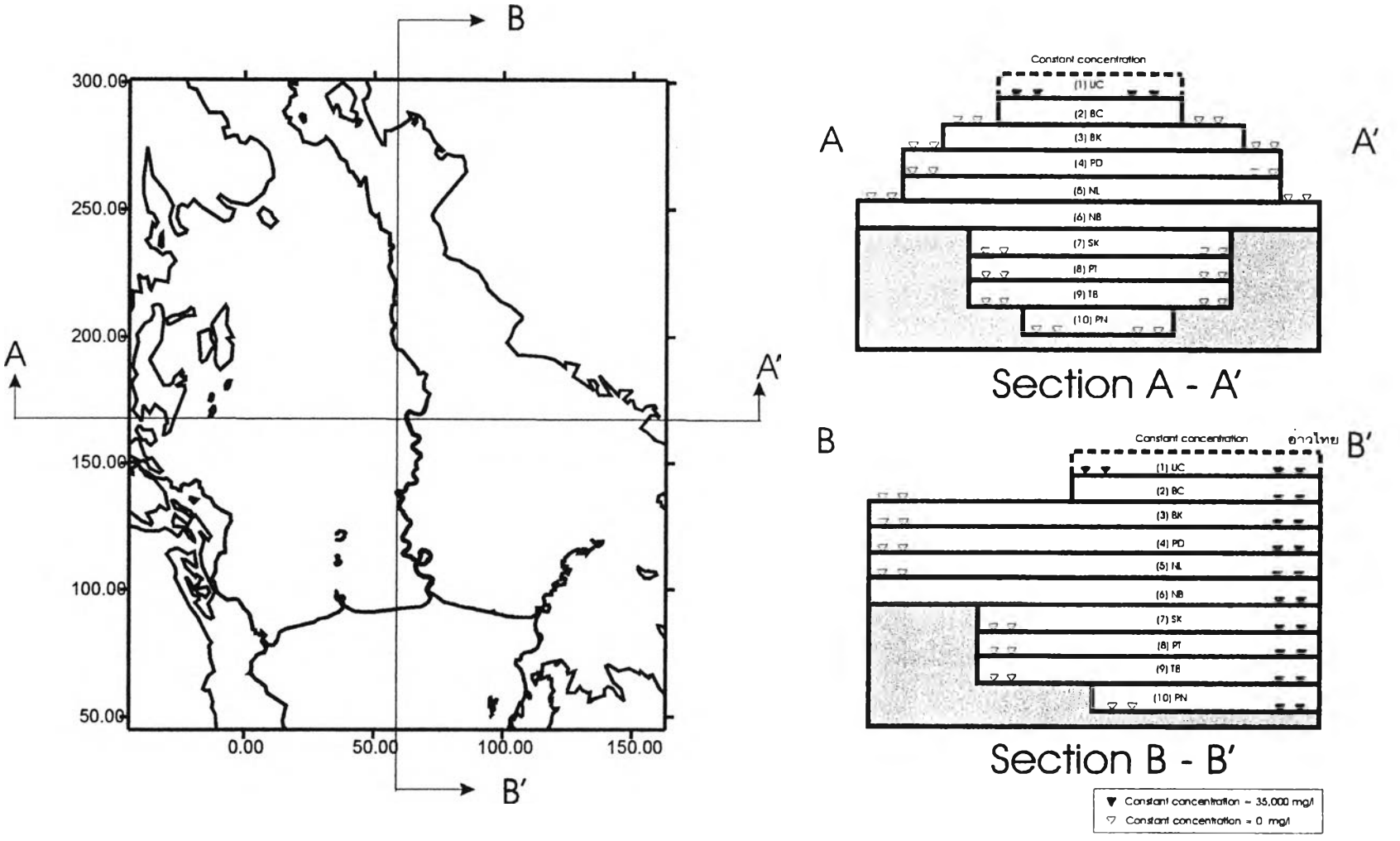
3. ตรวจสอบข้อมูลระดับน้ำใต้ดินของบ่อสังเกตการณ์ เพื่อคัดเลือกบ่อสังเกตการณ์นำมาใช้ในการปรับเทียบว่าเป็นบ่อที่ตันหรือมีระดับน้ำผิดปกติหรือไม่

4. ประยุกต์ใช้แบบจำลอง MODFLOW ในการคำนวณหาระดับน้ำและอัตราการไหลของน้ำใต้ดิน โดยใช้ระดับน้ำเริ่มต้น ปี พ.ศ. 2526

5. สอบเทียบระดับน้ำใต้ดินที่ได้จากการคำนวณ กับระดับน้ำใต้ดินของบ่อสังเกตการณ์ ในปี พ.ศ. 2526-2535 ถ้าระดับน้ำที่คำนวณมีค่าใกล้เคียงกับค่าของบ่อสังเกตการณ์ จะนำระดับน้ำที่ได้ในปลายปี พ.ศ. 2535 ไปใช้เป็นระดับน้ำตั้งต้นในการจำลองสภาพช่วงปี พ.ศ.2536-2540 เพื่อตรวจสอบต่อไป ถ้าไม่ใกล้เคียง จะทำการปรับค่าสัมประสิทธิ์ความกักเก็บและค่าความรั่วซึมใหม่

6. จำลองสภาพการไหลของน้ำใต้ดินในปี 2536-2540 เพื่อหาระดับน้ำบาดาล และตรวจสอบผลการสอบเทียบ โดยปรับเปอร์เซ็นต์อัตราการสูบน้ำบาดาลของชั้นน้ำต่างๆ เพื่อให้สอดคล้องกับระดับน้ำใต้ดินของบ่อสังเกตการณ์ ในปี 2536-2540 นำผลเปอร์เซ็นต์อัตราการสูบน้ำที่ได้มาเทียบกับผลการสำรวจอัตราการสูบน้ำที่ได้จากอัตราการสูบน้ำคูณกับสัมประสิทธิ์ตัวคูณลด ในหัวข้อที่ 3.4.3

7. วิเคราะห์ผลการจำลองสภาพการไหลของน้ำใต้ดิน ในช่วงปี 2536-2540



รูปที่ 5-5 การกำหนดขอบเขตความเข้มข้นคลอไรด์

8. จำลองระดับน้ำใต้ดินภายใต้อัตราการสูบน้ำของกรณีต่างๆ ที่คาดการณ์ไว้ในปี 2541-2560 ภายใต้อัตราการสูบน้ำกรณีต่างๆ

9. สรุปผลการจำลองระดับน้ำกับอัตราการสูบน้ำกรณีต่างๆ

5.1.3 ขั้นตอนการจำลองสภาพการรุกล้ำของน้ำเค็ม

1. วิเคราะห์ข้อมูลความเข้มข้นของคลอไรด์ ของบ่อสังเกตการณ์หลังการปรับแก้ตามหัวข้อที่ 5.2.2 และบ่อบาดาลของหน่วยงานต่างๆ เพื่อนำมาใช้ในการกำหนดค่าความเข้มข้นคลอไรด์ตั้งต้นในแบบจำลอง

2. กำหนดเงื่อนไขขอบเขตความเข้มข้นของคลอไรด์ในแบบจำลอง (ตามหัวข้อที่ 5.1.1.2)

3. ประมาณค่าความพรุนใช้การจากบ่อบาดาลที่มีการเจาะสำรวจของ JICA และหน่วยงานต่างๆ (ตามหัวข้อที่ 5.2.1.4)

4. ประมาณค่าความสามารถในการแพร่ (longitudinal dispersivity) จากวิธี Geostatistical ของ Warren and Skiba เพื่อหาช่วงของค่าความสามารถในการแพร่ที่ใช้ในแบบจำลอง (ตามหัวข้อที่ 5.2.1.5)

5. ประยุกต์ใช้แบบจำลอง MT3D ในการจำลองสภาพการรุกล้ำของน้ำเค็มในปี พ.ศ. 2529-2535 ซึ่งใช้ค่าความเค็มในช่วงปี พ.ศ. 2526-2528 เป็นค่าตั้งต้น โดยนำค่าระดับน้ำใต้ดินและอัตราการไหลจากแบบจำลอง MODFLOW ที่คำนวณได้มาใช้ในการจำลองสภาพ

6. ปรับเทียบความเข้มข้นคลอไรด์จากการคำนวณ เทียบกับความเข้มข้นคลอไรด์ของบ่อสังเกตการณ์ ในปี 2529-2535 โดยปรับเทียบค่าสัมประสิทธิ์การแพร่และค่าความพรุนใช้การเพื่อให้ได้สมดุลของเกลือของชั้นน้ำและความเข้มข้นคลอไรด์ของบ่อสังเกตการณ์ ในปี 2535

7. ตรวจสอบผลการสอบเทียบ โดยจำลองสภาพการรุกล้ำของน้ำเค็มในปี 2536-2540 โดยเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อน

9. วิเคราะห์ผลการจำลองสภาพการแพร่ของน้ำเค็มในปี พ.ศ.2536-2540

10. จำลองสภาพการรุกล้ำของน้ำเค็ม ภายใต้การคาดการณ์อัตราการสูบน้ำในมาตราการต่างๆ ในปี 2541-2560

5.1.4 ข้อมูลที่จำเป็นในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ในแบบจำลองสภาพการไหล MODFLOW และแบบจำลองการแพร่ของสาร MT3D ได้ออกแบบการป้อนข้อมูลให้สามารถใส่ข้อมูลต่างๆ เข้าไปในแต่ละชุดการคำนวณ (package) เพื่อคำนวณระดับน้ำใต้ดินและคำนวณความเข้มข้น โดยที่สามารถป้อนข้อมูลต่างๆที่จำเป็นต่อการคำนวณผ่านทางแบบจำลอง GMS โดยตรง หรือใส่เป็นแฟ้มข้อมูลก็ได้ ข้อมูลต่างในแต่ละชุดการคำนวณเป็นดังนี้

5.1.4.1 ข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลอง MODFLOW

1. **ชุดการคำนวณหลัก** (Basic Package : BAS) เป็นชุดการคำนวณที่ใช้ในการควบคุมการทำงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องการคำนวณทั้งหมดของแบบจำลอง ได้แก่ กำหนดขนาดของแบบจำลอง กำหนดขนาดของความยาวของช่วงเวลา (time step lengths) กำหนดเงื่อนไขขอบเขตและเงื่อนไขเริ่มต้น (boundary and initial condition) และการกำหนดชุดการคำนวณต่างๆ สำหรับการศึกษาในครั้งนี้ กำหนดชุดการคำนวณดังนี้

Flow model ใช้วิธี Block Centered Flow Package (BCF3)

Solver ใช้วิธีการแก้ปัญหาแบบ Preconditioned conjugate-Gradient (PCG2)

Point Sources/sink เลือกใช้ Well เป็น sources

IBOUND คือการกำหนดขอบเขตและชนิดของขอบเขต ว่าขอบเขตของชั้นน้ำแต่ละชั้นมีเนื้อที่เท่าใด เป็น active หรือ inactive และเป็น contant head หรือ variable head สามารถป้อนค่าต่างๆเหล่านี้ผ่านทางแบบจำลอง GMS

Starting head คือ ค่าระดับน้ำเริ่มต้นที่ใช้ในการคำนวณซึ่งจะใส่ค่าที่ใกล้เคียงกับระดับน้ำที่อยู่ตามธรรมชาติ เพื่อให้การคำนวณเสร็จเร็วยิ่งขึ้น

Stress Period จะกำหนดให้เท่ากับ 10 ปี (ม.ค. 2526-ธ.ค.2535)ซึ่งเป็นการคำนวณในสภาวะไม่คงที่ (transient state)

2. **ชุดการคำนวณสภาพการไหล** (Block Centered Flow Package) เป็นชุดการคำนวณที่ใช้กำหนดสภาวะการไหลน้ำใต้ดิน ว่าเป็นสภาวะคงที่ (steady state) หรือไม่คงที่ (transient) ชนิดของชั้นน้ำ รูปแบบของค่าเฉลี่ยที่ใช้ในการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่าน

(interblock transmissivity) และค่าคุณสมบัติต่างๆ ของชั้นน้ำ เช่นค่า transmissivity ค่าการรั่วซึมระหว่างชั้น (leakage) ค่าระดับของผิวบนสุดและ/หรือต่ำสุดของชั้นน้ำนั้นๆ ในที่นี้ได้กำหนดค่าต่างๆ ที่กล่าวมาไว้ดังนี้

- ชนิดของชั้นน้ำ (layer type) ในชั้นที่ 1 กำหนดให้เป็นแบบ Unconfined และชั้นอื่นๆที่เหลือกำหนดให้เป็นแบบ confined
- ค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่าน (transmissivity)
- ค่าการรั่วซึมระหว่างชั้น
- ค่าระดับผิวสูงสุด และต่ำสุดของชั้นน้ำ

3. **ชุดคำนวณการสูบน้ำ** (Well package) คืออัตราการสูบน้ำในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล จากข้อมูลการประเมินการใช้จากหัวข้อที่ 3.3 และหัวข้อที่ 5.2.3

4. **ชุดคำนวณ** PCG (PCG package) เป็นวิธีการแก้ปัญหาแบบ Preconditioned Conjugate Gradient (PCG2) กำหนดให้มีค่าดังนี้

Maximum outer iterations	=	25
Maximum inner iterations	=	25
Matrix Preconditioning Method ใช้วิธี Modified Incomplete Cholesky (scalar computers)		
Relaxation parameter	=	1.0
Head change criterion for convergence	=	0.01
Residual criterion for convergence	=	0.01

5.1.4.2 ข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลอง MT3D

1. **ชุดการคำนวณหลัก** (Basic Transport Package : BTN) เป็นชุดการคำนวณที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของชุดการคำนวณอื่นๆ ได้แก่ กำหนดขนาดของแบบจำลอง กำหนดขนาดของความยาวของช่วงเวลา (time step lengths) กำหนดเงื่อนไขขอบเขตและเงื่อนไขเริ่มต้น (boundary and initial condition) และการกำหนดชุดการคำนวณต่างๆ สำหรับการศึกษาในครั้งนี้ กำหนดชุดการคำนวณดังนี้

Advection Package

Dispersion Package

Source/sink Mixing Package

ICBUND คือการกำหนดขอบเขตความเข้มข้น ว่าเป็น constant concentration หรือ variable concentration

Starting concentration คือ ค่าความเข้มข้นเริ่มต้นที่ใช้ในการคำนวณซึ่งใช้ความเข้มข้นคลอไรด์ในปี 2529

Stress Period กำหนดให้เท่ากับ 7 ปี ในช่วงการปรับเทียบและ 5 ปี ในช่วงการตรวจสอบแบบจำลอง และ 20 ปี ในช่วงการจำลองสภาพ

2. Advection Package เป็นชุดการคำนวณที่ใช้เลือกวิธีในการแก้ปัญหาของสมการการพัดพา (solution scheme) ในการศึกษาครั้งนี้ใช้วิธี Eulerian-Lagrangian scheme แบบ Hybrid MOC/MMOC (HMOC) สำหรับรายละเอียดของวิธีการแก้สมการอธิบายในภาคผนวก ง และกำหนด tracking algorithm ที่ใช้ในวิธีการแก้ปัญหาแบบ HMOC โดยวิธี Runge-Kutta และให้ concentration weighting factor เท่ากับ 0.5 และกำหนดค่าสำหรับอนุภาคในเซลล์ ดังนี้

Maximum number of cells any particle will be allowed to move per transport step	=	1.0
Maximum of total particles allowed	=	250000
Threshold relative concentration gradient	=	0.00001

กำหนดให้ อนุภาค เป็นแบบ random particle placement

Number of particles per cell for cells with concentration gradient less than threhold	=	0
Number of particles per cell for cells with concentration gradient greater than threhold	=	16
Minimum number of particle per cell	=	2
Maximum number of particle per cell	=	30
Multiple for particles number's at source cells	=	1.00

Particle to approximate sinks cells กำหนดให้เป็นแบบ random particle placement ที่มี Number of particles = 10

Relative concentration gradient for controlling

selective use of MOC or MMOC = 0.002

3. Dispersion Package เป็นชุดการคำนวณที่ใช้ในการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่ใช้ในการแก้สมการ hydrodynamic dispersion ได้แก่ ค่า longitudinal dispersivity อัตราส่วนระหว่าง vertical dispersivity ต่อ longitudinal dispersivity อัตราส่วนระหว่าง transverse dispersivity ต่อ longitudinal dispersivity และ diffussion coefficient

4. Source/sink Mixing Package เป็นชุดการคำนวณที่ใช้ในการกำหนดค่าความเข้มข้น ตำแหน่งและประเภทของ sources หรือ sinks ซึ่งกำหนดให้ sinks เป็นบ่อบาดาลที่มีการสูบน้ำออกและมีความเข้มข้นคลอไรด์ของชั้นน้ำเอง

5.2 การจัดการข้อมูล

5.2.1 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้

5.2.1.1 ค่าสัมประสิทธิ์การกักเก็บ (Storage Coefficient)

ค่าสัมประสิทธิ์การกักเก็บ เป็นค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในชุดการคำนวณองค์ประกอบของการไหล (BCF package) โดยทั่วไปแล้วค่าสัมประสิทธิ์การกักเก็บจะได้มาจากการสูบทดสอบบ่อบาดาล และมีการผันแปรค่อนข้างกว้าง ซึ่ง Walton (1970) ได้เสนอแนะว่าช่วงของค่าสัมประสิทธิ์การกักเก็บสำหรับชั้นน้ำมีแรงดัน (confined aquifer) อยู่ในช่วง 0.00001 ถึง 0.001 สำหรับดินทุกประเภท และช่วง 0.00005 ถึง 0.01 สำหรับชั้นน้ำที่ให้น้ำ (productive aquifers) ดังนั้นจึงกำหนดให้ค่าสัมประสิทธิ์การกักเก็บตั้งต้นสำหรับทุกชั้นน้ำ เท่ากับ 0.001

สำหรับค่า specific storage ของชั้น unconfined (UC) และชั้นดินเหนียวกรุงเทพ (BC) จะคำนวณมาจากค่า volume compressibility จากการทดสอบ consolidationดังสมการที่ 3-6 ซึ่งค่า specific storage แปลงเป็นค่า สัมประสิทธิ์การกักเก็บ (storage coefficient) โดยการนำไปคูณกับความหนาของชั้นน้ำ ซึ่งสรุปค่า specific storage ได้ดังตารางที่ 6-5

5.2.1.2 ค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่าน (Transmissivity)

ในการศึกษาครั้งนี้จะประมาณค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านจากการทดสอบสูบบ่อบาดาล ซึ่งได้รวบรวมข้อมูลการสูบทดสอบจากการศึกษาก่อนหน้านี้ (AIT, 2530) และจากข้อมูลการดำเนินการสูบทดสอบของ JICA (2535) อย่างไรก็ตามจำนวนของการทดสอบสูบบ่อบาดาลและพารามิเตอร์ของชั้นน้ำไม่เพียงพอต่อการประเมินลักษณะของชั้นน้ำที่ไม่เป็นเนื้อเดียวกันได้ ดังนั้น ค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของชั้นน้ำจะนำมาจากข้อมูลทางด้านอุทกธรณีวิทยา และข้อมูลความสามารถในการให้น้ำ (specific capacity) ของบ่อบาดาลที่มีการใช้น้ำของหน่วยงานต่างๆ มาประมาณค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่าน สรุปได้ดังตารางที่ 6-5 ทำได้โดย

1. แยกบ่อที่มีการสูบน้ำตามชั้นน้ำโดยใช้ความลึกของท่อกรอง
2. คำนวณค่าความสามารถในการให้น้ำ (specific capacity)
3. ประมาณค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านตั้งต้น (apparent transmissivity) จากค่าความสามารถในการให้น้ำของบ่อบาดาล
4. ประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความซึมได้ (permeability) จากค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่าน และท่อกรอง
5. คำนวณค่า clay content ของแต่ละชั้นน้ำ
6. คำนวณค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของชั้นน้ำ จากค่าสัมประสิทธิ์ความซึมได้ (permeability) ค่า clay content และความหนาของชั้นน้ำ (isopach)
7. คำนวณค่าสัมประสิทธิ์ความซึมได้ (hydraulic conductivity) สำหรับข้อมูลป้อนเข้าของ MODFLOW โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของชั้นน้ำด้วยความหนาของชั้น

ค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของบ่อที่มีการสูบน้ำประมาณได้จาก 3 กรณี ตามรายละเอียดของระเบียนบ่อบ่อบาดาล โดยแบ่งออกเป็น

1. กรณีที่ระเบียนบ่อบาดาลมีข้อมูลอัตราการสูบน้ำ ระยะน้ำลด เวลาในการสูบน้ำ และรัศมีของบ่อบาดาล ประมาณค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านจากสมการที่ 3-7 สำหรับค่าสัมประสิทธิ์ความเก็บกักจะประมาณตามหัวข้อที่ 5.2.1.1
2. กรณีที่ไม่มีข้อมูลระยะเวลาในการสูบน้ำ จะประมาณค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านจากสมการที่ 3-10

3. กรณีที่บ่อบาดาลมีค่าความสามารถในการให้น้ำ (specific capacity) เพียงค่าเดียว สามารถประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความซึมผ่านได้จากสมการของ Logan (1964) ดังสมการที่ 3-11

ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ความซึมผ่านที่ประมาณได้จากกรณีต่างๆนี้เป็นค่าสัมประสิทธิ์ตั้งต้น (apparent transmissivity) เนื่องจากค่าสัมประสิทธิ์ความซึมผ่านตั้งต้นนี้สามารถอธิบายถึงความสามารถการส่งผ่านน้ำภายในส่วนของรูพรุนของชั้นน้ำ หลังจากที่ได้ค่าค่าสัมประสิทธิ์ความซึมผ่านของบ่อบาดาลตามกรณีต่างๆ แล้ว หาค่าสัมประสิทธิ์ความซึมได้ (permeability) สามารถคำนวณได้จากความสัมพันธ์ของสมการที่ 3-1 โดยกำหนดให้ความหนาของชั้นน้ำเท่ากับความยาวของท่อกรอง

แผนที่ clay content ของชั้นน้ำกรุงเทพ ถึงชั้นน้ำนครหลวง ได้มาจากบ่อสังเกตการณ์ของกรมทรัพยากรธรณีและข้อมูลระเบียนบ่อบาดาล ค่า clay content คำนวณจาก

Clay content = (ความหนาของชั้นดินเหนียวรวม) /
(ความหนาของชั้นน้ำทั้งหมด)x100 (%) (5-1)

ซึ่งความหนาของชั้นดินเหนียวรวม (total thickness of clay beds) จะประกอบไปด้วยชั้น sandy clay และชั้น clayey sand ในกรณีที่ชั้นดินเป็น sandy clay จะนำค่า 0.7 คูณกับความหนาของชั้นดินเหนียว และในกรณีที่ชั้นดินเป็น clayey sand จะนำค่า 0.3 คูณกับความหนาของชั้นดินเหนียว ซึ่งเป็นผลการวิเคราะห์ปริมาณดินและปริมาณทรายในดินตัวอย่าง จากการสำรวจข้อมูลบ่อสังเกตการณ์ (JICA, 1995) สำหรับแผนที่ clay content ของชั้นน้ำนนทบุรี ถึงชั้นน้ำปากน้ำ จะจัดเตรียมข้อมูลจากข้อมูลชั้นดิน (lithologic logs) ของระเบียนบ่อบาดาล แสดงถึงความหนาของชั้นน้ำต่างๆ

ความหนาของชั้นน้ำ (aquifer facies) ซึ่งประกอบด้วยทรายและกรวด คำนวณได้จาก

ความหนาของชั้นน้ำ = (100-Clay content (%)) x
(ความหนาของชั้นทั้งหมด)/100 (5-2)

ค่าสัมประสิทธิ์ความซึมผ่านของชั้นน้ำ สามารถคำนวณได้จาก

ค่าสัมประสิทธิ์ความซึมผ่าน = ความหนาของชั้นน้ำ x ค่าสัมประสิทธิ์ความซึมได้ (5-3)

การหาค่าสัมประสิทธิ์ความซึมได้ (Hydraulic conductivity) ทำได้โดยการนำค่าสัมประสิทธิ์ความซึมผ่านหารด้วยความหนาของชั้นน้ำทั้งหมด

สำหรับชั้น unconfined และชั้นดินเหนียวกรุงเทพ ประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความซึมได้จากการทดสอบ consolidation ดังสมการที่ 3-2

5.2.1.3 **ค่าความรั่วซึมในแนวดิ่ง** (Vertical hydraulic conductivity or vertical leakance)

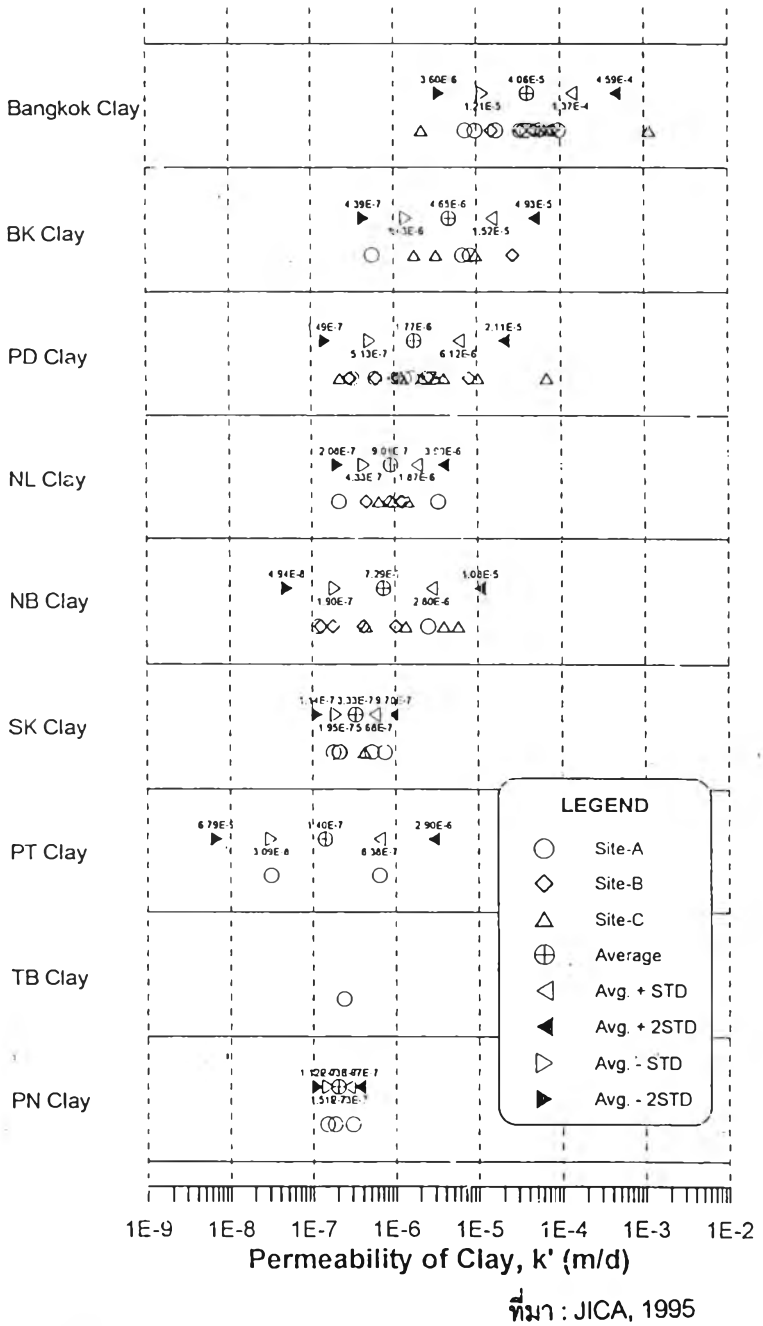
ค่าความรั่วซึมในแนวดิ่งมาใช้ในการคำนวณเทอมการไหลของน้ำใต้ดินในแนวดิ่งหาได้จากสมการที่ เนื่องจากชั้นน้ำที่ศึกษานี้เป็นชั้นน้ำที่ประกอบไปด้วยชั้นทรายและชั้นดินเหนียว ยกเว้นชั้น Unconfined และชั้นดินเหนียวกรุงเทพ จึงประมาณค่าความรั่วซึมในแนวดิ่งเฉลี่ยของแต่ละชั้นน้ำ ได้จากสมการที่ 3-4 ซึ่งค่า k'_s และ k'_c ในสมการนี้ประมาณค่าได้จากค่าสัมประสิทธิ์ความซึมได้ในแนวราบ (horizontal permeability) ของชั้นทรายและชั้นดินเหนียว ตามลำดับ จากรูปที่ 5-6 และ 5-7 สรุปได้ดังตารางที่ 6-5

5.2.1.4 **ความพรุนใช้การ**

ค่าความพรุนใช้การเป็นพารามิเตอร์ที่ใช้ในชุดการคำนวณหลักของแบบจำลองการแพร่ของสาร MT3D ซึ่งประมาณค่าความพรุนตั้งต้นได้จากความสัมพันธ์ของความลึกของชั้นดินกับค่าความพรุนรวม (%) ดังสมการที่ 3-13 เนื่องจากค่าความพรุนของชั้นนั้นที่ได้เป็นความพรุนของชั้นดินที่ไม่ต่อเนื่องกันที่ความลึกเฉลี่ยของแต่ละชั้นน้ำ และชั้นน้ำประกอบไปด้วยชั้นทรายและชั้นดินเหนียวความพรุนรวมของชั้นน้ำจึงไม่ใช่ความพรุนที่แท้จริงของชั้นน้ำ เพื่อปรับค่าความพรุนรวมเป็นความพรุนใช้การ โดยนำค่าความพรุนรวมปรับเทียบกับความเค็มของชั้นน้ำ

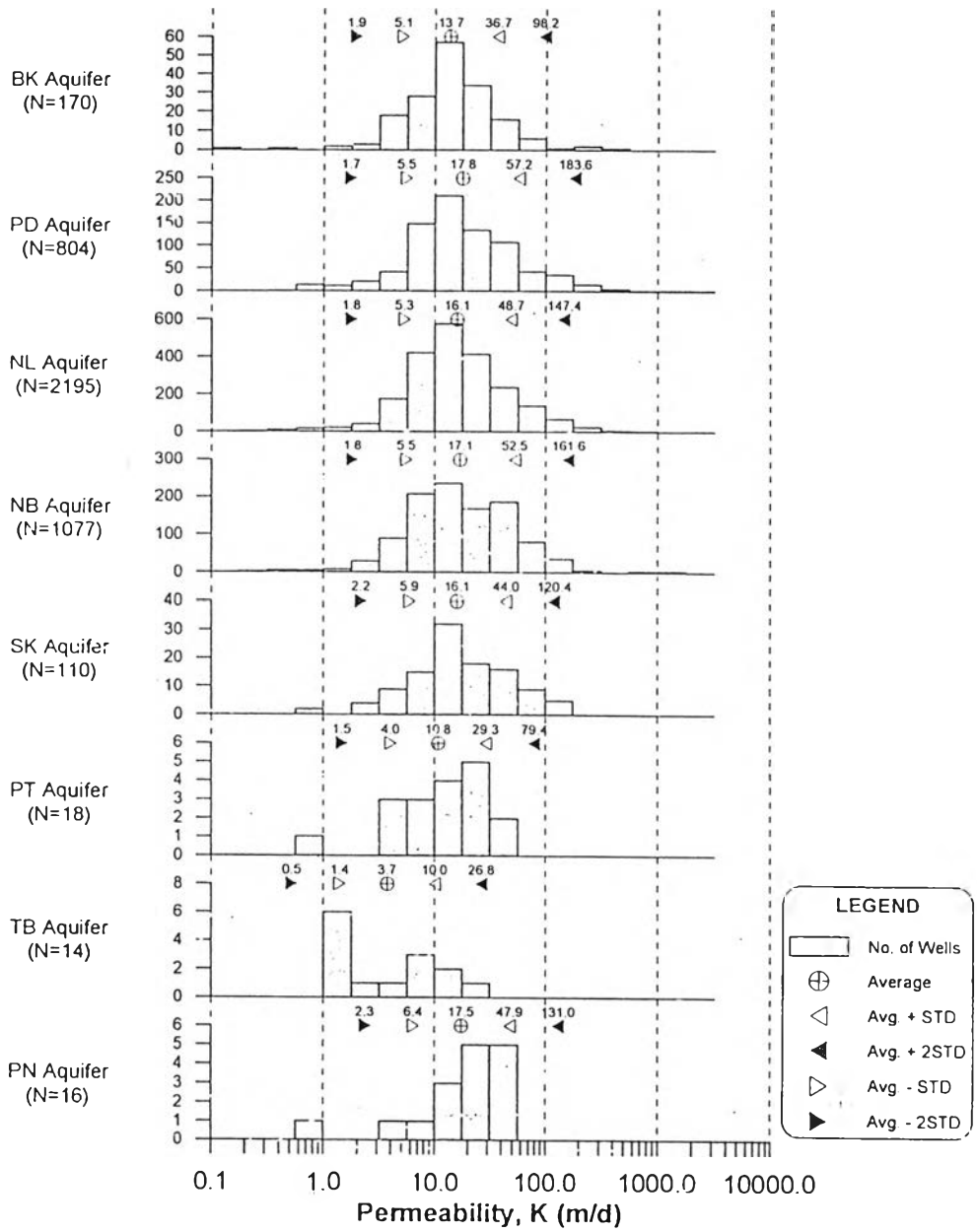
5.2.1.5 **ค่าความสามารถในการแพร่** (Dispersivity)

ค่าความสามารถในการแพร่ตามแนว Longitudinal (longitudinal dispersivity) เป็นค่าที่ใช้ในการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ของสารในสมการการแพร่ ในชุดการคำนวณ (Dispersion Package, DSP) ซึ่งประมาณค่าจากสมการที่ 3-17 โดยที่ S^2 เป็นความแปรปรวนของ residence-time distribution และ L เป็นระยะทางเดินทางเฉลี่ยของสารปนเปื้อน (เมตร) แสดงวิธีการคำนวณหาค่าความสามารถในการแพร่ตามแนว Longitudinal ได้ดังตารางที่ 5-1 โดยที่ค่าจำนวนเซลล์จะได้จากรูปการแบ่งกริดเซลล์ในรูปที่ 5-2



ที่มา : JICA, 1995

รูปที่ 5-6 การกระจายตัวของค่าสัมประสิทธิ์ความซึมได้



ที่มา : JICA, 1995

รูปที่ 5-7 การกระจายตัวของค่าสัมประสิทธิ์ความซึมได้จากการทดสอบ consolidation

ตารางที่ 5-1 สรุปค่าความสามารถในการแพร่ตามแนว Longitudinal จากการคำนวณโดยวิธีของ Warren

ชั้นดิน/ชั้นน้ำ	จำนวนเซลล์ของชั้นน้ำ	ค่าเฉลี่ย K (m/d)	ค่าเฉลี่ยฮาร์โมนิค K_H (1/m/d)	ความแปรปรวน S^2	longitudinal dispersivity α_L (m)
ดินเหนียว	2207	0.000816	0.000794	0.0279	4.00
กรุงเทพ	2465	1.473	0.261	4.644	83.67
พระประแดง	2543	3.512	1.020	2.443	34.25
นครหลวง	2544	4.196	1.519	1.762	29.46
นนทบุรี	2579	6.925	0.791	7.754	48.27
สามโคก	2221	2.900	1.232	1.353	38.27
พญาไท	2221	1.138	0.482	1.359	46.12
ธนบุรี	2221	0.789	0.387	1.037	32.56
ปากน้ำ	1542	61.500	61.500	4.40E-12	5.83E-10

5.2.2 การตรวจสอบข้อมูลก่อนใช้งาน

เนื่องจากข้อมูลจากบ่อสังเกตการณ์มีระดับน้ำและความเค็มที่ผิดปกติหลายบ่อด้วยกัน จากสาเหตุหลายประการ เช่น บ่อสังเกตการณ์มีการรั่วซึมเนื่องจากบ่อสังเกตการณ์เป็นสนิม หรือเป็นบ่อตันจากการอุดตันของกรวดทรายที่บริเวณท่อกรอง โดยพิจารณาจาก

- ระดับน้ำมีค่าสูงกว่าหรือต่ำกว่า เมื่อเทียบกับบ่อสังเกตการณ์หรือบ่อบาดาลของภาคเอกชนที่ใกล้เคียงกัน

- ความเข้มข้นคลอไรด์มีการแกว่งตัวที่ผิดปกติมากเกินไป หรือมีการเปลี่ยนแปลงความเค็มที่มากจนเกินไป เนื่องจากบ่อสังเกตการณ์ตัน หรือความผิดพลาดจากการตรวจวัด

สำหรับผลการตรวจสอบข้อมูลบ่อสังเกตการณ์ที่นำใช้วิเคราะห์ผลการจำลองสภาพ แสดงดังภาคผนวก ค ซึ่งมีจำนวนบ่อสังเกตการณ์ทั้งสิ้น 89 บ่อ เป็นบ่อที่นำมาใช้ในการสอบเทียบ 36 บ่อ และเป็นบ่อที่ไม่ได้นำมาใช้ 53 บ่อ

5.2.3 การปรับค่าความเค็มจากการตรวจวัด

เนื่องจากข้อมูลความเข้มข้นคลอไรด์จากการเก็บตัวอย่างน้ำบาดาลจากบ่อสังเกตการณ์ของกรมทรัพยากรธรณี ส่วนใหญ่มาจากการเก็บตัวอย่างที่ระยะความลึก 10 เมตรจากผิวน้ำ โดยไม่มีการสูบน้ำออกก่อน ซึ่งความเข้มข้นคลอไรด์ที่ได้มามีโอกาสเป็นความเข้มข้นของคลอไรด์ที่ค้างอยู่ภายในบ่อสังเกตการณ์ (stagnant water) และไม่ใช่ความเข้มข้นที่แท้จริงของชั้นน้ำ ด้วยเหตุนี้การศึกษาครั้งนี้จึงเก็บรวบรวมข้อมูลความเข้มข้นคลอไรด์ในภาคสนามโดยมีการสูบน้ำและเก็บตัวอย่างน้ำที่ตามระดับความลึกของบ่อสังเกตการณ์ (ดูภาคผนวก ค) เพื่อนำมาปรับข้อมูลความเค็มในอดีตให้เป็นความเค็มของชั้นน้ำจริง ทั้งนี้มีการเก็บน้ำตัวอย่างจากบ่อสังเกตการณ์ 9 บ่อ โดยแบ่งตามโซน และลำดับความเข้มข้นของคลอไรด์ (รูปในภาคผนวก ค) จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระดับความลึกกับความเค็มของบ่อสังเกตการณ์ต่างๆ ซึ่งได้ความสัมพันธ์ของความเข้มข้นฯที่ระดับความลึก 10 เมตรจากผิวน้ำโดยไม่มีการสูบกับความเข้มข้นเฉลี่ยตลอดทั้งความลึกบ่อโดยมีการสูบน้ำ สำหรับชั้นน้ำที่ศึกษามีความสัมพันธ์กันดังนี้ คือ

$$C_{avg} = F_C \times C_{10} \qquad (5\text{-}4)$$

โดยที่ C_{10} เป็นความเข้มข้นของคลอไรด์ที่ระดับความลึก 10 เมตรจากผิวน้ำ และ C_{avg} เป็นความเข้มข้นของคลอไรด์เฉลี่ยตลอดทั้งความลึกบ่อหลังการสูบน้ำ

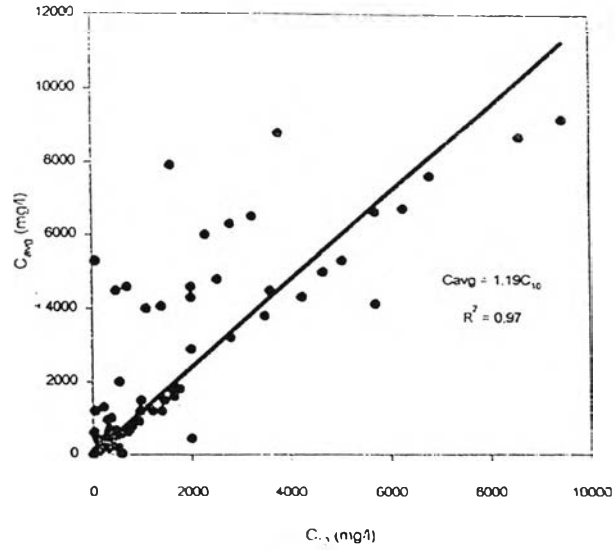
สำหรับชั้นน้ำพระแดง และชั้นน้ำนครหลวง ใช้ข้อมูลความเข้มข้นคลอไรด์จากการเก็บตัวอย่างของ JICA (1995) ซึ่งมีการเก็บตัวอย่างน้ำโดยใช้วิธีเดียวกันนี้ พบว่า ค่า F_C เท่ากับ 1.19 และ 0.83 สำหรับชั้นน้ำนนทบุรีมีค่า F_C เท่ากับ 1.19 ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 5-8

5.2.4 การจัดการอัตราการสูบในแบบจำลอง

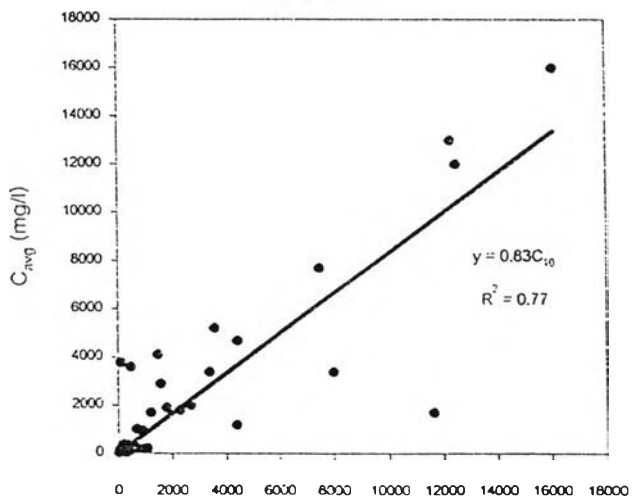
จากการประมาณอัตราการสูบน้ำในหัวข้อที่ 3.3 การป้อนข้อมูลอัตราการสูบน้ำลงในกริดเซลล์ ใช้วิธีการกระจายบ่อบาดาลที่มีอยู่ในพื้นที่ 7 จังหวัดลงภายในกริดเซลล์ ของแบบจำลอง ตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. แปลงค่าพิกัด UTM_E และ UTM_N เป็นค่า X และ Y โดยใช้สูตร

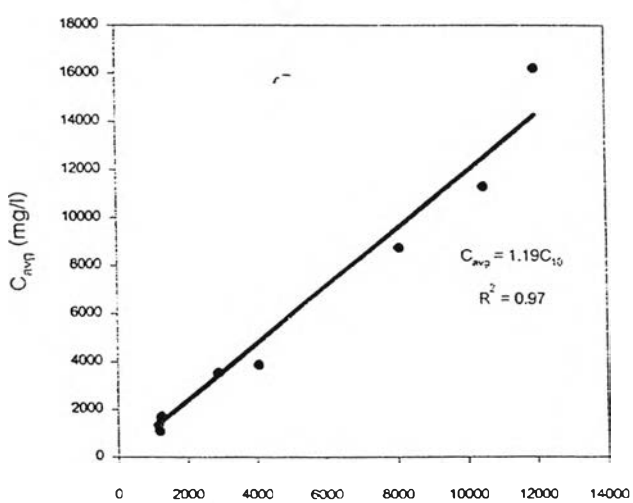
$$X = \frac{(UTM_E - 600000)}{1000}$$
$$Y = \frac{(UTM_N - 1400000)}{1000} \qquad (5\text{-}5)$$



ชั้นน้ำพระประแดง



ชั้นน้ำนครหลวง



ชั้นน้ำนนทบุรี

รูปที่ 5-8 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นคลอไรด์เฉลี่ยกับความเข้มข้นคลอไรด์ที่ความลึก 10 เมตร จากผิวน้ำ ของชั้นน้ำพระประแดง นครหลวง และนนทบุรี

2. แปลงค่า X และค่า Y ให้อยู่กึ่งกลางของกริดเซลล์ โดยแปลงค่า X และ Y เป็น XX และ YY

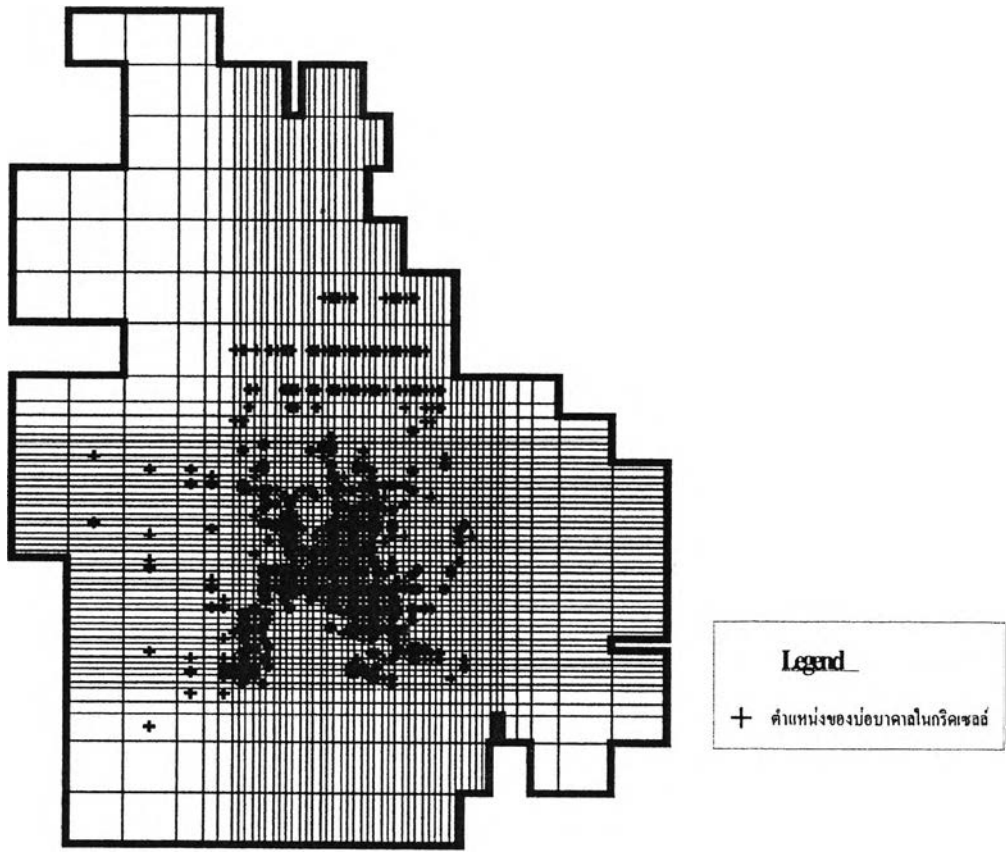
3. แปลงค่า XX และค่า YY เป็นค่า I และค่า J ซึ่งเป็นค่าของแถว (rows) และหลัก (columns) ในแบบจำลอง MODFLOW

4. รวมอัตราการสูบน้ำของหน่วยงานต่างๆลงในกริดเซลล์ (I, J) ซึ่งจะแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนย่อยๆ คือ

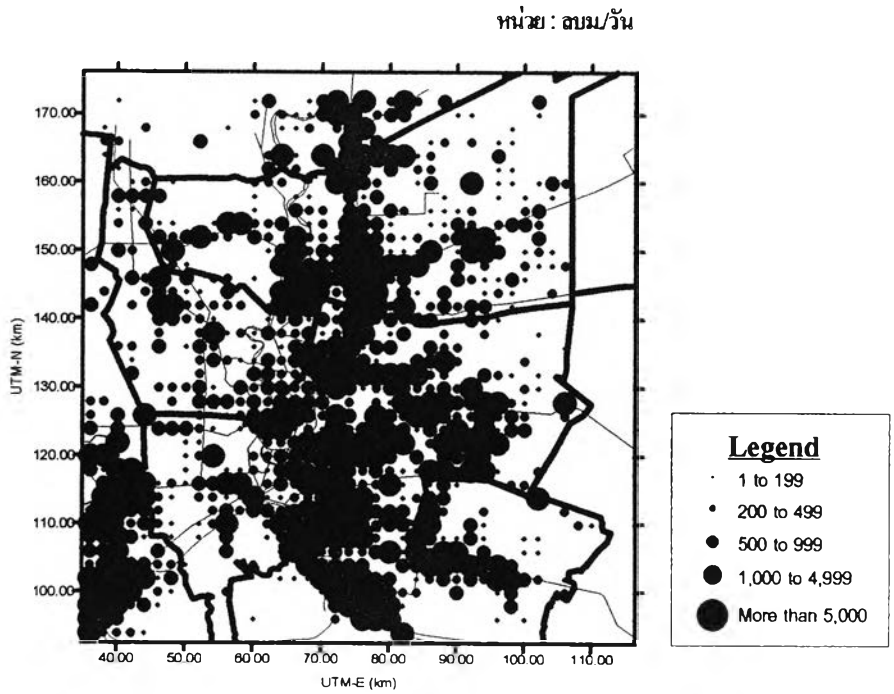
4.1 เนื่องจากข้อมูลที่ได้มาจากบางหน่วยงานเป็นข้อมูลจริง ซึ่งได้แก่ การประปานครหลวง การประปาภูมิภาค และการนิคมอุตสาหกรรม ดังนั้นจึงใช้ข้อมูลจริงในการป้อนข้อมูลอัตราการสูบน้ำ

4.2 อัตราการสูบน้ำของบ่อบาดาลเอกชน จะนำไปคูณกับเปอร์เซ็นต์อัตราการสูบน้ำ (ใช้ในการปรับเทียบกับระดับน้ำใต้ดิน) ทั้งนี้เนื่องจากคาดว่า GPC ของการศึกษา JICA มีการเปลี่ยนแปลงไปจากปี พ.ศ. 2535 จึงนำค่าดังกล่าวไปเป็นตัวคูณปรับลดอัตราการสูบน้ำของบ่อบาดาลของหน่วยงานราชการ และเอกชน (ตัวคูณปรับลดอัตราการสูบน้ำ (Reduction Coefficient) แสดงในตารางภาคผนวก ก-12)

5. รวมอัตราการสูบน้ำจากขั้นตอนที่ 4 ลงในกริดเซลล์ในโมเดล ดังรูปที่ 5-9 (แสดงเฉพาะตำแหน่งบ่อบาดาลทั้งพื้นที่คำนวณ) และรูปที่ 5-10 (เฉพาะพื้นที่ศึกษา)



รูปที่ 5-9 ตัวอย่างการกระจายอัตราการสูบน้ำลงในกริดเซลล์ ชั้นน้ำนนทบุรี ปี พ.ศ. 2540



รูปที่ 5-10 ตัวอย่างการกระจายอัตราการสูบน้ำในพื้นที่ศึกษา ชั้นน้ำนนทบุรี ปี พ.ศ. 2540