

แนวทางในการลดการทรุดตัวของพื้นดินในบริเวณ  
กรุงเทพมหานครเนื่องจากการสูบน้ำบาดาล



นาย สมหวัง บุญระยอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต  
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา  
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
พ.ศ. 2534

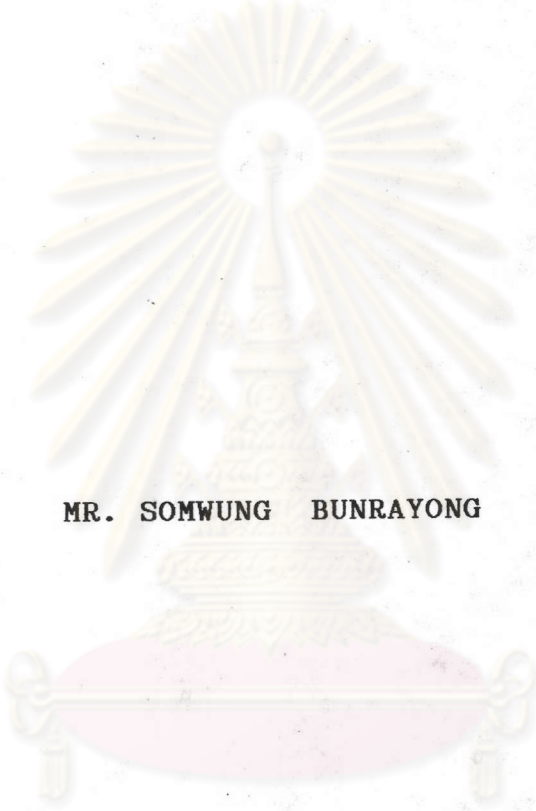
ISBN 974-579-410-4

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

017741

117350889

APPROACHES TO REDUCE LAND SUBSIDENCE  
IN BANGKOK CAUSED BY GROUNDWATER WITHDRAWAL



MR. SOMWUNG BUNRAYONG

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

THIS THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS  
FOR THE DEGREE OF MASTER OF ENGINEERING  
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
GRADUATE SCHOOL  
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1991

ISBN 974-579-410-4



หัวข้อวิทยานิพนธ์

แนวทางในการลดการทรุดตัวของพื้นดินในบริเวณ  
กรุงเทพมหานครเนื่องจากการสูบน้ำบาดาล

โดย

นาย สมหวัง บุญระยอง

ภาควิชา

วิศวกรรมโยธา

อาจารย์ที่ปรึกษา

ศาสตราจารย์ ดร. นิวัตต์ ดารานันท์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัย  
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย  
(ศาสตราจารย์ ดร.ถาวร วัชรภักย์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยพันธ์ รักวิจัย)

..... กรรมการ  
(ศาสตราจารย์ จักรี จิตุศาสตร์)

..... กรรมการ  
(อาจารย์ ดร.สุทัศน์ วิสกุล)

..... กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา  
(ศาสตราจารย์ ดร.นิวัตต์ ดารานันท์)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

สมหวัง บุญระยอง : แนวทางในการลดการทรุดตัวของพื้นดินของกรุงเทพมหานคร เนื่องจากการสูบน้ำบาดาล (APPROACHES TO REDUCE LAND SUBSIDENCE IN BANGKOK CAUSED BY GROUNDWATER WITHDRAWAL) อ.ที่ปรึกษา  
ศาสตราจารย์ ดร. นวัตกรรม คารานันท์, 224 หน้า. ISBN 974-579-410-4



การนำน้ำบาดาลขึ้นมาใช้เป็นปริมาณมากในเขตกรุงเทพมหานคร ทำให้ระดับแรงดันของน้ำบาดาลลดลงต่ำลงมาก ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดการทรุดตัวของพื้นดิน การทรุดตัวได้ทวีความรุนแรงขึ้นโดยเฉพาะพื้นที่ทางด้านตะวันออกของกรุงเทพมหานครอันได้แก่ท้องที่ถนนรามคำแหง พัฒนาการและถนนศรีนครินทร์ มีการทรุดตัวมากกว่าปีละ 10 ซม. ทำให้การระบายน้ำโดยอาศัยการไหลแบบแกรวิตีทำได้ยากเกิดการทรุดตัวไม่เท่ากันของอาคารกับพื้นดินข้างเคียง และเกิดแรงฝืดลบ (Negative Skin Friction) ในเรื่องของเสาเข็มที่ใช้น้ำหนักอาคาร

ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลต่าง ๆ จากการประปานครหลวง กรมทรัพยากรธรณี กรมแผนที่ทหารและจากสถาบัน เอ ไอ ที ข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณน้ำบาดาลที่นำขึ้นมาใช้ ข้อมูลการทรุดตัวของพื้นดินตามเขตต่าง ๆ และเรื่อง ของพระราชบัญญัติน้ำบาดาล ผู้วิจัยได้นำทฤษฎีการสูบน้ำบาดาลมาเปรียบเทียบกับระดับน้ำบาดาลเมื่อมีการหยุดสูบน้ำบาดาลและจากการอัดน้ำบาดาลลงไปได้ดิน

ผลการวิเคราะห์ปรากฏว่าระดับน้ำบาดาลที่ลดลงเมื่อคำนวณจากทฤษฎีมีค่าต่ำกว่าระดับน้ำบาดาลที่ลดลงต่ำลงในช่วง 30 ปีที่ผ่านมา ผู้วิจัยคาดว่าเป็นเพราะการเปลี่ยนแปลงค่าของความซึมได้ (Permeability) "K" ของชั้นดิน เนื่องมาจากการทรุดตัวของดินในชั้นน้ำบาดาล อีกประการหนึ่ง คาดว่าเป็นเพราะมีการนำน้ำบาดาลขึ้นมาใช้ในปริมาณที่มากกว่าปริมาณน้ำบาดาล ซึ่งไหลมาชดเชยทำให้ระดับน้ำบาดาลลดลงมากกว่า

ผู้วิจัยได้เสนอแนะการแก้ไขพระราชบัญญัติน้ำบาดาล โดยให้ผู้ที่มิใช่ใบอนุญาตสูบน้ำบาดาลระงับสูบน้ำบาดาลเมื่อน้ำของการประปานครหลวงไปถึง และได้เสนอแนะให้มีการปรับอัตราค่าน้ำบาดาลให้มีค่าสูงเท่าหรือมากกว่าค่าน้ำประปาของการประปานครหลวง

ภาควิชา ..... วิศวกรรมโยธา  
สาขาวิชา ..... วิศวกรรมโยธา  
ปีการศึกษา ..... 2533

ลายมือชื่อนิติ .....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ..... 4. 7. 5

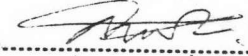
SOMWUNG BUNRAYONG : APPROACHES TO REDUCE LAND SUBS-  
DENCE IN BANGKOK CAUSED BY GROUWDWATER WITHDRAWAL.  
THESIS ADVISOR : PROF DR.NIWAT DARANANTANA, 224 PP.

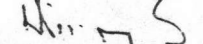
Large quantity of groundwater is abstracted from the Bangkok aquifer and cover the area with or without the service of the surface water from the MWWA. The rapid decline of the Piezometric level of the Bangkok aquifer has resulted in the land subsidence. The subsidence become more serioued especially in the area East of Bangkok. The area surrounding of Ramkamheank Rd., Pattana-karn Rd. & Srinakarind Rd. has subsided more than 10 centimeters per year. Due to the land subsidence in the said area problems concerning the gravity drain of flooded water, the negative skin frictions and the differential settlement of the building have occurred.


Data concerning amount of daily use of ground water and land subsidence on various district in Bangkok has been obtained from the Mineral Resources Department, The Division of Military Mapping, The MWWA and The Asian Institute of Technology. The well's theory was applied to determine the drawdown of given wells for a given discharge with times and distances varying. The recovery & the artificial recharged equations were also introduced to determine the recovering of the piezometric level after the pump has stopped for a certain period of time. The dropping in the piezometric level as computed by the equations was smaller than the existing one. Such differences may be related to the variation of the permeability value 'K' caused by the subsidence of the aquifer and the over pumping of well with large discharge.

Amendment to the ground water Acts was also recommended. This amendment includes the withdrawal of the license for every well if the MWWA water has has reached that area. The adjustment of the ground waterfee was also suggested.

ภาควิชา ..... วิศวกรรมโยธา  
สาขาวิชา ..... วิศวกรรมโยธา  
ปีการศึกษา ..... 2533

ลายมือชื่อนิสิต ..... 

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ..... 

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาช่วย ..... 



### กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยพันธุ์ รักวิจัย  
ศาสตราจารย์ จิตุศรี และอาจารย์ ดร.สุทัศน์ วิสกุล ที่ได้ให้คำปรึกษาและ  
แนะนำข้อคิดเห็นต่าง ๆ ในการวิจัยด้วยดีตลอดมา นอกจากนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบ  
พระคุณบรรดาคณาจารย์ในสาขาวิศวกรรมแหล่งน้ำทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชา  
ความรู้ต่าง ๆ และอบรมสั่งสอนข้าพเจ้ามาโดยตลอด

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.นิวัตต์ ดารานันท์  
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ของข้าพเจ้าเป็นพิเศษ เนื่องด้วยท่านเป็นผู้แนะนำ  
อบรมให้ความรู้ คำปรึกษาและคอยดูแลการวิจัยของข้าพเจ้าจนสำเร็จลุล่วงมาด้วยดี

อนึ่ง ข้าพเจ้าใคร่ขอขอบคุณ กรมทรัพยากรธรณี การประปานครหลวง  
กรมแผนที่ทหาร สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย และชมรมวิศวกรรมแหล่งน้ำที่ได้ให้  
ความสะดวกและข้อมูลต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ในการวิจัยนี้ นอกจากนี้ข้าพเจ้าขอ  
ขอบคุณเจ้าหน้าที่ที่ช่วยจัดพิมพ์และจัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์เล่มนี้จนสำเร็จสมบูรณ์

ท้ายที่สุดข้าพเจ้าใคร่ขอกราบขอบพระคุณบิดาผู้ล่วงลับ และมารดาของ  
ข้าพเจ้าที่ได้ให้โอกาสและสนับสนุนข้าพเจ้าให้ได้รับการศึกษาจนสำเร็จถึงปัจจุบัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



11

๒

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย .....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	จ
กิตติกรรมประกาศ .....	ฉ
สารบัญ .....	ช
สารบัญตาราง .....	ฅ
สารบัญรูป .....	ญ
บทที่ 1. บทนำ .....	1
1. บทนำและความเป็นมา .....	1
2. ขอบข่ายและวัตถุประสงค์ที่ศึกษา .....	3
3. ที่มาของปัญหา .....	4
4. การศึกษาที่ผ่านมา .....	8
5. ผลการศึกษาที่คาดหวัง .....	11
บทที่ 2. สมมุติฐานและทฤษฎี .....	12
1. สมมุติฐาน .....	12
2. ทฤษฎี .....	14
2.1 Hydraulic of Wells .....	14
2.2 Artificial Recharge .....	31
2.3 การทรุดตัวของพื้นดิน .....	33
บทที่ 3. การศึกษาและข้อมูล .....	52
1. ลักษณะของดินในกรุงเทพมหานคร .....	52
2. ลักษณะของชั้นน้ำบาดาลในกรุงเทพมหานคร .....	57
3. การนำบาดาลขึ้นมาใช้ .....	66
3.1 สถานการณ์ก่อนการควบคุมน้ำบาดาล .....	66
3.2 การใช้น้ำบาดาล .....	66
3.3 วิฤตการณ์น้ำบาดาล .....	70
3.4 มาตรการควบคุมน้ำบาดาล .....	72
3.5 สถานการณ์ภายหลังการควบคุมน้ำบาดาล .....	75
4. ระดับน้ำบาดาลในกรุงเทพมหานคร .....	77
5. การทรุดตัวของพื้นดิน .....	83

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
6 การคาดการณ์การทรุดตัวของพื้นดิน โดยแบบจำลอง คณิตศาสตร์ .....	86
7 การอัดน้ำลงบ่อบาดาล .....	87
8 พรบ. น้ำบาดาล พ.ศ. 2520 .....	94
9 การศึกษาการอัดน้ำลงใต้ดินของชั้นน้ำบาดาล นครหลวง .....	97
บทที่ 4. ผลการวิเคราะห์ .....	152
1 แนวโน้มการใช้น้ำบาดาล .....	152
2 แนวโน้มของระดับน้ำบาดาล .....	153
3 แนวโน้มการทรุดตัวของพื้นดิน .....	153
4 การประยุกต์ใช้ทฤษฎี .....	154
บทที่ 5. ข้อเสนอ & ข้อเสนอแนะ .....	169
1 ข้อเสนอ .....	169
2 ข้อเสนอแนะ .....	171
เอกสารอ้างอิง .....	189
ภาคผนวก ก. ความลึกของหมุดหลักฐาน สถานีวัดแผ่นดินทรุด ของสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ .....	194
ภาคผนวก ข. ค่าระดับสูงของหมุดหลักฐาน สถานีวัดแผ่นดินทรุด ของสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2532 และ 2533 .....	196
ภาคผนวก ค. ระดับน้ำบาดาลของชั้นน้ำบาดาล กรุงเทพฯ พระประแดง และนครหลวง .....	212
ภาคผนวก ง. การทรุดตัวของพื้นดินในเขต วิกฤตการณ์ต่าง ๆ .....	221
ประวัติผู้ศึกษา .....	224



## สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
2.1	ความสัมพันธ์ระหว่าง $W(u)$ และ $u$ .....	38
2.2	ตัวอย่างข้อมูลจากการทำ pumping test ( $r=200$ ) .....	38
3.1	Compositional Data of Bangkok Clay .....	99
3.2	Typical Value of the Index Properties of the Soft and Medium Bangkok Clays .....	100
3.3	General Stratification and Description of Bangkok Clay .....	101
3.4	ระดับน้ำบาดาลต่ำสุดและอัตราการลดของระดับน้ำ ในชั้นนครหลวง .....	102
3.5	ระดับน้ำบาดาลต่ำสุดและอัตราการลดของระดับน้ำ ในชั้นพระประแดง .....	102
3.6	การใช้น้ำบาดาลในเขตมาตรการฯ บริเวณกรุงเทพมหานคร สมุทรปราการ นนทบุรี และปทุมธานี .....	103
3.7	การใช้น้ำบาดาลของเอกชนในเขตน้บาดาลกรุงเทพมหานคร .	104
3.8	แสดงระดับน้ำบาดาลในระยะแรกที่มีการใช้น้ำบาดาล เพื่อกิจการประปา .....	105
3.9	ผลการสำรวจการทรุดตัวของพื้นดินโดยกรมแผนที่ทหาร .....	106
3.10	ผลการสำรวจการทรุดตัวของพื้นดินโดยสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย .....	107
3.11	การคาดการณ์เกี่ยวกับระดับน้ำบาดาล และการทรุดตัว ของแผ่นดินบริเวณบางนาในปี พ.ศ. 2543 .....	108
4.1	การทรุดตัวของแผ่นดินในเขตวิกฤตอันดับ 1 .....	163
4.2	การทรุดตัวของแผ่นดินในเขตวิกฤตอันดับ 2 .....	164
4.3	การทรุดตัวของแผ่นดินในเขตวิกฤตอันดับ 3 .....	164
5.1	ใบอนุญาตบ่อน้ำบาดาลและปริมาณการใช้น้ำบาดาล .....	174
5.2	สถิติบ่อน้ำบาดาลและปริมาณการใช้น้ำบาดาล (31 ธค. 2532) .....	175

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
5.3	สถิติบ่อน้ำบาดาลและปริมาณการใช้บ่อน้ำบาดาล (31 ธค. 2533) .....	176
5.4	สถิติบ่อน้ำบาดาลและปริมาณการใช้บ่อน้ำบาดาล (31 ธค. 2534) .....	177



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

รูป		หน้า
2.1	รูปตัดเปลือกโลกแสดงการเกิดของน้ำใต้ดิน .....	39
2.2	Confined และ Unconfined Aquifer .....	40
2.3	Steady unidirectional flow ใน Confined aquifer .....	41
2.4	Steady flow ใน unconfined aquifer ที่อยู่ระหว่างแหล่งน้ำ 2 แหล่ง .....	41
2.5	Steady radial flow สุ่มบ่อน้ำที่เจาะลงไป ใน extensive confined aquifer ซึ่งมีลักษณะเป็นเกาะ.....	42
2.6	Steady radial flow สุ่มบ่อน้ำที่เจาะลงไป ใน extensive confined aquifer .....	42
2.7	Steady radial flow สุ่มบ่อน้ำที่เจาะลงไป ใน unconfined aquifer .....	43
2.8	Steady flow สุ่มบ่อน้ำที่เจาะลงไป ใน unconfined aquifer และมี recharge ที่ผิวดินด้วยอัตราคงที่ .....	44
2.9	Steady radial flow สุ่มลำน้ำ 2 สาย ที่ขนานกันระหว่าง unconfined aquifer และมี recharge ที่ผิวดินด้วยอัตราคงที่ .....	44
2.10	ตัวอย่างการแก้สมการ Nonequilibrium equation ด้วยวิธี This Method .....	45
2.11	การแก้สมการ nonequilibrium equation ด้วยวิธี Jacob Method .....	46
2.12	ความสัมพันธ์ระหว่าง $F(u)$ , $W(u)$ และ $u$ .....	47
2.13	ตัวอย่างการแก้สมการ nonequilibrium equation ด้วยวิธี Chow Method .....	47
2.14	Fully Penetrating Recharge well in an Isotropic Isotropic confined Aquifer .....	48
2.15	Partially Penetrating Recharge well in an Isotropic confined Aquifer .....	49

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
2.16	Partially penetrating Recharge well with the Screen below the top of an Anistropic confined Aquifer ..... 49
2.17	Fully Penetrating Recharge well in an Isotropic unconfined Aquifer which is becoming confined due to Recharging ..... 49
2.18	การลดลงของ Normal Stress ในชั้นดิน ..... 50
2.19	ความสัมพันธ์ของ Pressure - Void Ratio ..... 51
2.20	ความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงของ Volume และ Voif Ratio ..... 51
3.1	ตำแหน่งที่ตั้งของกรุงเทพมหานคร ..... 109
3.2	รูปตัดทางธรณีวิทยาชั้นที่กรุงเทพมหานคร ..... 110
3.3	รูปตัดขวางที่ราบลุ่มเจ้าพระเจ้า ..... 111
3.4	รูปตัดที่ราบลุ่มเจ้าพระยา ..... 112
3.5	ตำแหน่งบ่อสำรวจเพื่อทำรูปตัดชั้นดินของกรุงเทพมหานคร ... 113
3.6	รูปตัดแสดงชั้นดินของกรุงเทพมหานครแนวตะวันออก-ตะวันตก . 114
3.7	รูปตัดแสดงชั้นดินของกรุงเทพมหานครแนวเหนือ-ใต้ ..... 115
3.8	การเปลี่ยนแปลง Water Content และ Atterberg limit ตามความลึก ..... 116
3.9	ค่า Atterberg limits ของดินเหนียวอ่อนใน กรุงเทพมหานคร ..... 117
3.10	การเปลี่ยนแปลง Spicifir Gravitry และ Unit Weight ตามความลึก ..... 118
3.11	การกระจายขนาดเม็ดดินของดินเหนียวกรุงเทพมหานคร .... 119
3.12	การเปลี่ยนแปลง Degree of Saturation และ Vaid Ratio ตามความลึก ..... 120
3.13	Load-Compression Curve สำหรับดินเหนียวกรุงเทพฯ ... 121
3.14	Void Ratio-Effective Stress ของดินเหนียวกรุงเทพฯ ที่ระดับความลึกต่าง ๆ ..... 122

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
3.15	Void Ratio-Effective Stress ของดินเหนียว กรุงเทพฯ ..... 123
3.16	แผนที่รูปตัดแนวเหนือ-ใต้แสดงชั้นน้ำบาดาลในบริเวณ ลุ่มเจ้าพระยาตอนใต้ ..... 124
3.17	ปริมาณการใช้ น้ำบาดาลในบริเวณกรุงเทพมหานคร ..... 125
3.18	ข้อมูลที่ผ่านมาและการคาดประมาณของประชากร และการใช้น้ำของการประปานครหลวงในกรุงเทพมหานคร นนทบุรี และสมุทรปราการ ..... 126
3.19	แสดงเขตวิกฤตการทรุดตัวของกรุงเทพมหานคร ..... 127
3.20	ระดับน้ำบาดาลบ่อสังเกตการณ์ชั้นน้ำนครหลวง บ่อ NL.17 และ บ่อ NL 25 ..... 128
3.21	ระดับน้ำบาดาลบ่อสังเกตการณ์ชั้นน้ำนครหลวง บ่อ NL 11. และบ่อ NL 10. .... 129
3.22	ระดับน้ำบาดาลบ่อสังเกตการณ์ชั้นน้ำนนทบุรี บ่อ NB 8 และบ่อ NB 11 ..... 130
3.23	ระดับบ่อบาดาลบ่อสังเกตการณ์ชั้นน้ำนครหลวง NL 2 และบ่อ NL 24 ..... 131
3.24	ระดับบ่อบาดาลบ่อสังเกตการณ์ชั้นน้ำพระประแดง PD 19 ชั้นน้ำนครหลวง NL 33 และชั้นน้ำนนทบุรี NB 26 ..... 132
3.25	กราฟระดับน้ำบาดาลบ่อสังเกตการณ์ชั้นน้ำนครหลวง NL 17, NL 25 ..... 133
3.26	กราฟระดับน้ำบาดาลบ่อสังเกตการณ์ชั้นน้ำนครหลวง NL 2, NL 24 ..... 134
3.27	การสำรวจการทรุดตัวของพื้นดินโดยกรมแผนที่ทหาร ..... 135
3.28	ผลการสำรวจแผ่นดินทรุดตัวของกรมแผนที่ทหาร (CI 12-1 ถึง CI 14-1) ..... 136
3.29	ผลการสำรวจแผ่นดินทรุดตัวของกรมแผนที่ทหาร (CI 20-1 ถึง CI 24-1) และ CI*27-1) ..... 137

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
3.30	ผลการสำรวจแผ่นดินทรุดตัวของกรมแผนที่ทหาร (CI 29-1 ถึง CI 31-1) ..... 138
3.31	การสำรวจการทรุดตัวของพื้นดินโดยสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ..... 139
3.32	อัตราการทรุดตัวของพื้นดินที่สำรวจพบในปี พ.ศ. 2524 และ 2529 ..... 140
3.33	รูปแบบทางคณิตศาสตร์ของการใช้น้ำบาดาล ..... 141
3.34	ปริมาณน้ำบาดาลที่สูบ และการทรุดตัวของพื้นที่บริเวณบางนา ตามรูปแบบการสูบน้ำบาดาลตามการศึกษาของ เอ ไอ ที และ ทีคาคตะเน ..... 142
3.35	Piezometric Head ของชั้นน้ำบาดาลนครหลวงก่อนการอัดน้ำ ลงใต้ดิน ..... 143
3.36	Piezometric Head ต่ำสุดที่ออกแบบของการสิ้นสุด การอัดน้ำ ..... 144
3.37	อัตราการอัดน้ำลงชั้นน้ำบาดาลนครหลวงในช่วงปีแรก ..... 145
3.38	อัตราการอัดน้ำลงชั้นน้ำบาดาลนครหลวงในช่วงปี 2 ..... 146
3.39	อัตราการสูบน้ำบาดาลขึ้นมาใช้ในชั้นน้ำบาดาลนครหลวง (2522-2524) ..... 147
3.40	Piezometric Head ในชั้นน้ำบาดาลนครหลวงหลังจากอัดน้ำ น้ำลงใต้ดิน 2 ปี ..... 148
3.41	Piezometric Head แนวเหนือ-ใต้ของชั้นน้ำบาดาลนครหลวง (i = 7) ..... 149
3.42	Piezometric Head แนวตะวันออก-ตกของชั้นน้ำบาดาลนครหลวง (j = 6) ..... 150
3.43	Piezometric Head แนวตะวันออก-ตกของชั้นน้ำบาดาลนครหลวง (j = 8) ..... 151
4.1	การทรุดตัวของพื้นดิน C1-10 มหาวิทยาลัยรามคำแหง หัวหมาก ..... 165

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
4.2	แสดงระดับน้ำบาดาลหลังจากการสูบน้ำบาดาลที่เวลาต่าง ๆ .. 166
4.3	แสดงระดับน้ำบาดาลเนื่องจากการหยุดสูบน้ำบาดาล ..... 167
4.4	แสดงระดับน้ำบาดาลหลังจากทำการอัดน้ำลงไปใต้ดิน ..... 168
5.1	การทรุดตัวรวมของพื้นดินในกรุงเทพมหานคร (พ.ศ. 2476-2521) ..... 178
5.2	อัตราการทรุดตัวของพื้นดิน พ.ศ. 2521 ..... 179
5.3	อัตราการทรุดตัวของพื้นดิน พ.ศ. 2522 ..... 180
5.4	อัตราการทรุดตัวของพื้นดิน พ.ศ. 2529 ..... 181
5.5	อัตราการทรุดตัวของพื้นดิน พ.ศ. 2527 ..... 182
5.6	อัตราการทรุดตัวของพื้นดิน พ.ศ. 2528 ..... 183
5.7	อัตราการทรุดตัวของพื้นดิน พ.ศ. 2529 ..... 184
5.8	อัตราการทรุดตัวของพื้นดิน พ.ศ. 2530 ..... 185
5.9	การทรุดตัวรวมของพื้นดินในกรุงเทพมหานคร (2476-2530).. 186
5.10	การทรุดตัวรวมของพื้นดินในกรุงเทพมหานคร (2521-2530).. 187
5.11	ระดับของพื้นดินกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2530 ..... 188