

^{1,2,3} ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพี และฐานราก ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ soralump_s@yahoo.com¹, BeeBunpoat@hotmail.com², fengwkm@ku.ac.th³,

⁴ กองธรณีวิทยาสิ่งแวดล้อม กรมทรัพยากรธรณี adisat@dmr.go.th⁴



บทคัดย่อ :

บทความนี้เป็นการนำเสนอให้เห็นถึงความสำคัญของข้อมูลชั้นดิน และเหตุผลในการพัฒนาระบบฐานข้อมูลชั้นดิน โดยเสนอแนวทางการพัฒนาระบบฐานข้อมูลชั้นดินให้ยั่งยืน โดยใช้มาตรฐานหรือรูปแบบที่ยอมรับกันทั่วโลกมาพัฒนา ทั้งนี้ระบบที่พัฒนาขึ้นมานั้นจะต้องไม่เป็นระบบที่เข้ามาแทนที่การเจาะสำรวจดิน หรือทดแทนการแปลผลเพื่อการออกแบบและก่อสร้างที่จะต้องอยู่ในความรับผิดชอบของวิศวกร ซึ่งจะก่อให้เกิดผลเสียทั้งทางด้านธุรกิจและความปลอดภัยแต่ระบบดังกล่าวควรเป็นระบบที่จะใช้ตรวจสอบข้อมูลที่ได้จากการเจาะสำรวจ และใช้ใน

DEVELOPMENT OF SOIL DATABASE FOR SUPPORTING THE DEVELOPMENT AND MAINTENANCE OF INFRASTRUCTURE : A CASE STUDY OF SOFT BANGKOK CLAY

“ การพัฒนาฐานข้อมูลดินทางวิศวกรรมเพื่อสนับสนุนการพัฒนาและบำรุงรักษาโครงสร้างพื้นฐาน : กรณีศึกษาพื้นที่ดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ ”

การวางแผนและบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐานเบื้องต้น เพื่อไม่ให้เกิดผลเสียระยะยาวต่อโครงสร้างพื้นฐานที่จะนำไปสู่การเพิ่มขึ้นของค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาและซ่อมแซมเป็นอย่างมาก เช่น การเลือกแนวก่อสร้างถนนโดยคำนึงถึงความสามารถในการทรุดตัวของชั้นดิน เป็นต้น นอกจากนี้ยังสามารถนำมาใช้ในการวางแผนเพื่อลดผลกระทบในบริเวณกว้าง เช่น การวิเคราะห์พื้นที่ตอบสนองของชั้นดินอ่อนต่อแรงกระทำแผ่นดินไหว หรือ การศึกษาผลกระทบจากการทรุดตัวของการสูบน้ำบาดาล เป็นต้น ทั้งนี้บทความนี้ได้เน้นการพัฒนาฐานข้อมูลดินในพื้นที่ที่คุณสมบัติดินอาจก่อให้เกิดปัญหา (Problematic Soil) ในทางวิศวกรรม ได้แก่พื้นที่



ดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ (Soft Bangkok Clay) พื้นที่ดินบวมตัวหรือพื้นที่ดินกระจายตัวเป็นต้น ระบบฐานข้อมูลชั้นดิน เริ่มต้นด้วยการรวบรวมข้อมูลชั้นดิน ฐานข้อมูลชั้นดิน การจัดเก็บข้อมูลชั้นดินจากผลการเจาะสำรวจ การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลแล้วทำการแปลผลชั้นดินเชิงพื้นที่ในลักษณะกริด ขนาด 5x5 ต.กม. และศึกษาความสัมพันธ์ของคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางวิศวกรรม โดยแบ่งเป็นคุณสมบัติเชิงพื้นที่ (แต่ละกริด) ตามความลึก และความสัมพันธ์ของคุณสมบัติต่างๆ ในพื้นที่ศึกษา เช่น ปริมาณน้ำในมวลดิน (Water content) กับหน่วยน้ำหนักรวม (Total unit weight), ปริมาณน้ำในมวลดิน (Water content) กับค่ากำลังรับแรงเฉือน (Undrained Shear Strength, S_u) เป็นต้น



คำสำคัญ : ฐานข้อมูลดิน, คุณสมบัติดินทางวิศวกรรม, ธรณีวิศวกรรม

1. ความนำ

ข้อมูลดินทางวิศวกรรมมีความสำคัญสำหรับงานก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐาน การทราบคุณสมบัติทางวิศวกรรมของดินจะทำให้สามารถออกแบบโครงสร้างได้อย่างประหยัดและปลอดภัย ทั้งนี้เป็นมาตรฐานทางวิศวกรรมที่การออกแบบอาคารหรือสิ่งปลูกสร้างควรจะต้องมีการดำเนินการเจาะสำรวจเพื่อตรวจสอบคุณสมบัติทางวิศวกรรมของดินเนื่องจากการก่อสร้างในเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑลมีมาก ทำให้มีข้อมูลการเจาะสำรวจจำนวนมากด้วยเช่นเดียวกันในอดีตข้อมูลดังกล่าวมีการนำมารวบรวมและแปลผลในเชิงพื้นที่เพื่อประโยชน์ในงานวิจัยทางธรณีวิศวกรรม (กักร (2529), กวีวงศ์ (2530), คมกริช (2543), คมศิลป์ (2544), ปณูท (2545), Chinkulkijniwat (1998) และ Gangopadhyay (1999)) อย่างไรก็ตามไม่ปรากฏว่าการพัฒนาฐานข้อมูลดินดังกล่าวได้ถูกพัฒนาอย่างต่อเนื่องจริงจัง ทั้งนี้เนื่องจากข้อจำกัดด้านงบประมาณและภาระกิจของหน่วยงานของภาครัฐบาล ซึ่งแตกต่างจากการพัฒนาฐานข้อมูลดินของต่างประเทศที่มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง (Dasari et al (2004), Tanaka et al (2004), Wakabayashi et al (2004), Tsubota (2004), Watabe et al (2004), Hachinohe (2004), D. A. Liu

(2006), Chmelina (2006), Jellema et al (2006) และ Martin et al (2006)) และได้ใช้เป็นข้อมูลกลางในการวางแผนและพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างและบำรุงรักษา ในปัจจุบันหน่วยงานในประเทศไทยที่ให้ความสำคัญในการพัฒนาและเผยแพร่ฐานข้อมูลดินเชิงวิศวกรรม ได้แก่ กรมโยธาธิการและผังเมือง, วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย และกรมทรัพยากรธรณี เป็นต้น

บทความนี้เขียนขึ้นเพื่อเผยแพร่ความก้าวหน้าของการพัฒนาฐานข้อมูลดินทางวิศวกรรมล่าสุดที่ดำเนินการโดยกรมทรัพยากรธรณี ซึ่งกองธรณีเทคนิคเริ่มดำเนินการจัดทำฐานข้อมูลดินทางวิศวกรรมโดยเน้นการรวบรวมข้อมูลคุณสมบัติดินทางวิศวกรรมและวิเคราะห์สภาพดินเชิงพื้นที่ที่เป็นดินที่เป็นปัญหา (Problematic Soil) เช่น ดินเหนียวอ่อน ดินบวมตัว และดินลมหอบ เป็นต้น โดยดำเนินการขึ้นต้นตั้งแต่ปี พ.ศ.2548 และเริ่มดำเนินการศึกษาพื้นที่ดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ ในปี พ.ศ.2552 ทั้งนี้โดยมีศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เป็นผู้ดำเนินงาน

2. ความสำคัญของข้อมูลทางวิศวกรรมของชั้นดิน

เนื่องจากงบประมาณในการดำเนินการโครงสร้างพื้นฐานใดๆ ตลอดอายุการใช้งานของโครงสร้างนั้น (Life Cycle Cost) ประกอบด้วยค่าใช้จ่ายเริ่มต้นอันเกี่ยวข้องกับการวางแผนและก่อสร้าง ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน ได้แก่ การบำรุงรักษาและการซ่อมแซม และค่าใช้จ่ายในการยกเลิกการใช้ เช่น การรื้อถอน เป็นต้น การวางแผนโครงการโดยการใช้ข้อมูลการวางตัวของชั้นดินและคุณสมบัติดินเชิงพื้นที่ร่วมในการพิจารณาจะทำให้งบประมาณตลอดอายุการใช้งานของโครงสร้างลดลงได้ โดยเฉพาะค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาและซ่อมแซม นอกจากนี้ยังจะช่วยลดผลกระทบด้านลบต่อตัวโครงสร้างเอง เช่น การทรุดตัวที่เกินขอบเขตการใช้งาน เป็นต้น

ทั้งนี้หากพิจารณาโดยละเอียด จะพบว่าข้อมูลคุณสมบัติดินทางวิศวกรรมเชิงพื้นที่นั้น ได้เกี่ยวข้องกับการพัฒนาอย่างน้อย 5 ด้าน ได้แก่

- การป้องกันธรณีพิบัติภัย ได้แก่ แผ่นดินไหว ดินถล่ม การกัดเซาะตลิ่งและชายฝั่ง การเกิดน้ำท่วมเนื่องจากการสูบน้ำบาดาล และหลุมยุบ เป็นต้น
- การป้องกันปัญหาการใช้งานและความปลอดภัยของสิ่งก่อสร้าง ได้แก่ การทรุดตัวของถนนจนต่ำกว่าระดับน้ำท่วมของถนนที่ก่อสร้างบนพื้นที่ดินเหนียวอ่อน การพิบัติของเขื่อนและคันกั้นน้ำเนื่องจากการนำดินกระจายตัวมาใช้ในการก่อสร้าง และการพิบัติของฐานรากอาคารอันเนื่องมาจากดินบวมตัว เป็นต้น
- การจัดการทรัพยากรธรรมชาติ ได้แก่ การจำกัดการใช้น้ำบาดาลในพื้นที่ที่ประสบ ปัญหาการทรุดตัวเนื่องจากคุณสมบัติของชั้นดิน และการควบคุมการขุดดินถมดินในพื้นที่เสี่ยงภัย ดินถล่มสูง เป็นต้น
- การก่อสร้าง ได้แก่ แหล่งวัสดุก่อสร้าง การกำหนดชนิดของฐานราก และความเป็นไปได้

ของงานชุดและงานถม เป็นต้น

- ธรณีวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ได้แก่ พื้นที่เหมาะสมกับการฝังกลบขยะ โดยไม่กระทบต่อแหล่งน้ำบาดาล และพื้นที่โอกาสการแพร่กระจายของสารมลพิษในดิน เช่น จากการรั่วไหลของน้ำมัน เป็นต้น

ทั้งนี้ เพื่อให้เห็นภาพและวัดได้ในเชิงตัวเลขถึงความสำคัญของข้อมูลชั้นดินทางวิศวกรรม ผู้เขียนจึงได้ดำเนินการวิเคราะห์การใช้และถูกใช้ข้อมูลของตัวแปรต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานธรณีวิศวกรรม เริ่มจากข้อมูลพื้นฐานไปยังข้อมูลที่ผ่านการวิเคราะห์ในด้านต่างๆ และนำไปสู่การบริหารจัดการตามหลักการในรูปที่ 1 ผลการวิเคราะห์แสดงดังรูปที่ 2

“ การวางแผนโครงการโดยการใช้ข้อมูลการวางตัวของชั้นดินและคุณสมบัติดินเชิงพื้นที่ร่วมในการพิจารณาจะทำให้งบประมาณตลอดอายุการใช้งานของโครงสร้างลดลงได้ ”

จากผลการวิเคราะห์ดังกล่าวจะเห็นได้ว่าข้อมูลคุณสมบัติดินทางวิศวกรรมและข้อมูลชั้นดิน (ความหนา, การผุสลาย) เป็นข้อมูลที่ถูกนำไปใช้มากที่สุด โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อการจัดการทรัพยากรธรรมชาติ การจัดการสิ่งแวดล้อม และการพัฒนาพื้นที่และการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน ทั้งนี้การวิเคราะห์ดังกล่าวจำกัดเฉพาะข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานทางธรณีวิศวกรรม โดยการวิเคราะห์ต่างๆ อาจต้องการข้อมูลด้านอื่นๆ ประกอบ

ยิ่งไปกว่านั้นหากมองในแง่ของความเกี่ยวข้องกับหน่วยงานราชการ ตารางที่ 1 ได้แสดงการวิเคราะห์เบื้องต้นถึงความเกี่ยวข้องของการจัดการด้านต่างๆ ที่ต้องการข้อมูลชั้นดินทางวิศวกรรมกับหน่วยงานราชการที่มีภารกิจรับผิดชอบ ทั้งนี้จากข้อมูลที่วิเคราะห์มาข้างต้นจะเห็นว่าข้อมูลคุณสมบัติดินทางวิศวกรรมและลักษณะชั้นดินมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาประเทศอย่างเป็นระบบ ดังจะได้กล่าวถึงประโยชน์ต่างๆ ในลำดับต่อไป

วิศวกรรม : ปรุพี...

การพัฒนาฐานข้อมูลดินทางวิศวกรรมเพื่อสนับสนุนการพัฒนาและบำรุงรักษา
โครงสร้างพื้นฐาน : กรณีศึกษาพื้นที่ดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ



ข้อมูลพื้นฐาน

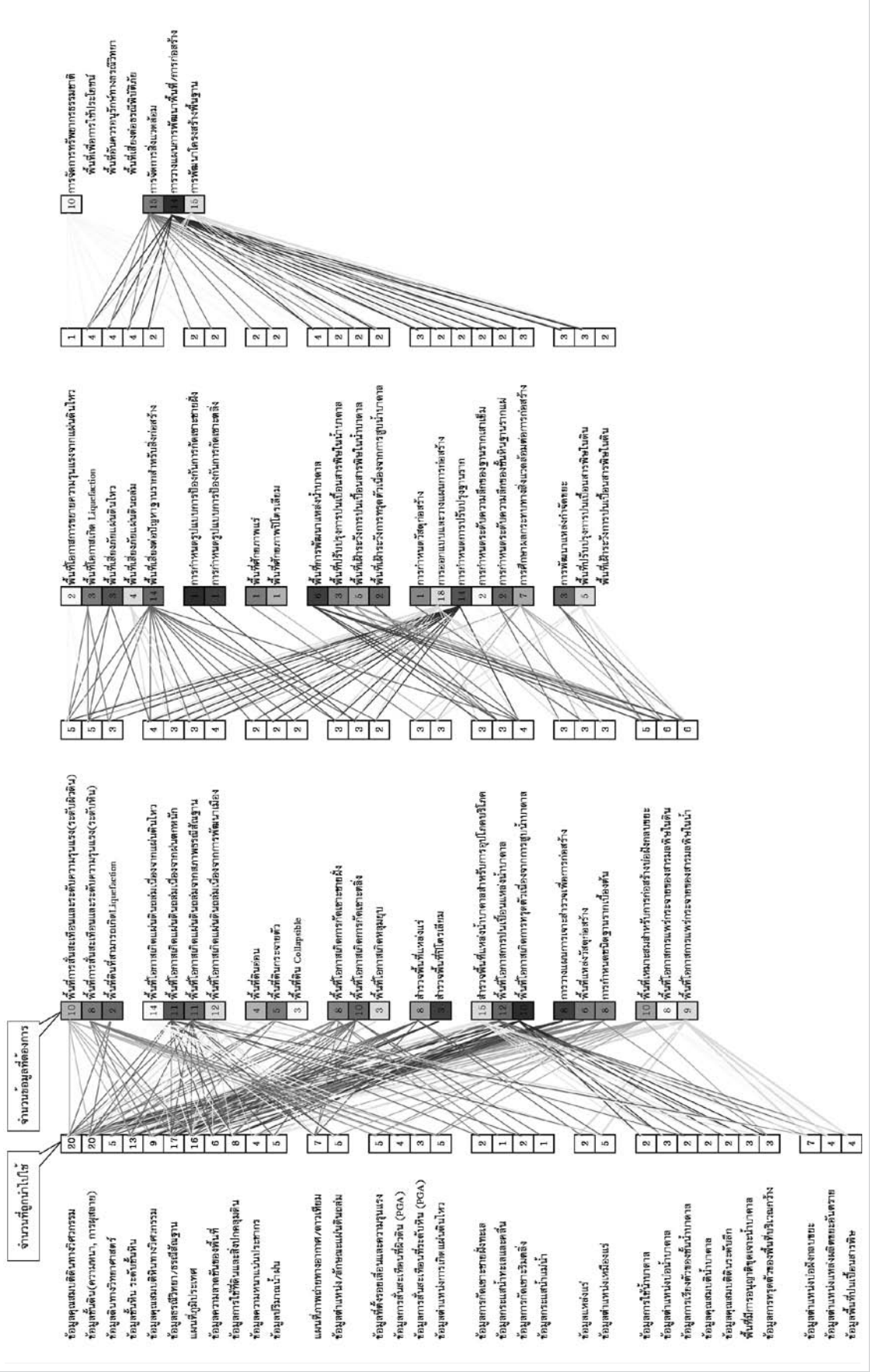
นโยบาย



การวิเคราะห์ทางวิศวกรรม

การบริหารและจัดการ

รูปที่ 1 รูปแบบโครงข่ายความสัมพันธ์ของข้อมูลรวมทั้งหมดของข้อมูลในงานธรณีวิศวกรรม (ขยายข้อมูลในรูปที่ 2)



รูปที่ 2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูลพื้นฐานต่อการจัดการทรัพยากรสิ่งแวดล้อมและโครงสร้างพื้นฐาน

ตารางที่ 1 การเชื่อมความสัมพันธ์ของข้อมูลในระบบนโยบายกับหน่วยงานของภาครัฐต่าง ๆ นโยบายมหภาค		ภารกิจหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการใช้ประโยชน์ข้อมูลคุณสมบัติดินทางวิศวกรรม	
การจัดการทรัพยากรธรรมชาติ พื้นที่อันควรรักษาทางธรณีวิทยา พื้นที่เสี่ยงต่อธรณีพิบัติภัย พื้นที่เพื่อการใช้ประโยชน์	กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม	กรมทรัพยากรธรณี	สงวน อนุรักษ์ พื้นที่ และบริหารจัดการด้านธรณีวิทยาและทรัพยากรธรณี
	กระทรวงพลังงาน	กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน	ส่งเสริมประสิทธิภาพการใช้พลังงาน จัดหาแหล่งพลังงาน
	กระทรวงอุตสาหกรรม	กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่	การพัฒนาอุตสาหกรรมพื้นฐานและอุตสาหกรรมเหมืองแร่
	กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม	กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง	อนุรักษ์ พื้นที่ บริหารจัดการทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง
	กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม	กรมทรัพยากรน้ำ	บริหารจัดการ พัฒนา อนุรักษ์พื้นที่น้ำ รวมทั้ง ควบคุม ดูแล กำกับ ประสาน ติดตาม ประเมินผล และแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับทรัพยากรน้ำ
การจัดการสิ่งแวดล้อม	กระทรวงเกษตรและสหกรณ์	กรมพัฒนาที่ดิน	บริหารจัดการ พัฒนา อนุรักษ์ พื้นที่ รวมทั้ง ควบคุม ดูแล กำกับ ประสาน ติดตาม ประเมินผล และแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับทรัพยากรน้ำบาดาล
	กระทรวงเกษตรและสหกรณ์	สำนักงานการปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม	การจำแนกดินเกษตร การอนุรักษ์ดินและน้ำ การปรับปรุงดิน
	สำนักนายกรัฐมนตรี	สำนักงานปลัดสำนักนายกรัฐมนตรี	การพัฒนาที่ดินเพื่อเกษตรกรรม
	กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม	กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม	ประสานงานกับยัติทางธรรมชาติ
	กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม	สำนักนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม	รวบรวม จัดทำ และให้บริการข้อมูล ข้อเสนอทางด้านสิ่งแวดล้อม ส่งเสริมการมีส่วนร่วมของประชาชนในการสงวน บำรุงรักษา และใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติสิ่งแวดล้อม
กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม	กรมควบคุมมลพิษ	กำหนดนโยบายและแผนการส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม	
กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม	กรมควบคุมมลพิษ	จัดการกากของเสีย สกอันตราย พื้นที่ หรือระงับเหตุที่อาจเป็นอันตรายจากมลพิษ	

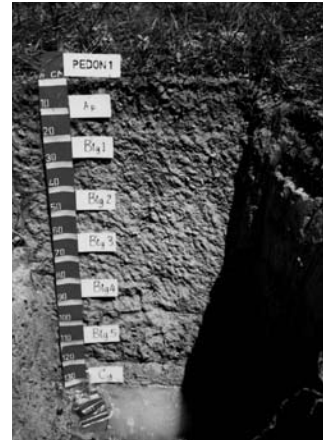
ตารางที่ 1 การเชื่อมความสัมพันธ์ข้อมูลกับหน่วยงานของภาครัฐต่างๆ
หน่วยงาน

ภารกิจหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการใช้ประโยชน์ข้อมูลคุณสมบัติินทางวิศวกรรม

การวางแผนการพัฒนาพื้นที่/ การก่อสร้าง	กระทรวงอุตสาหกรรม	กรมโรงงานอุตสาหกรรม	ส่งเสริมการประกอบกิจการโรงงาน
	กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา	การกีฬาแห่งประเทศไทย	ก่อสร้างสนามกีฬา
	กระทรวงพัฒนาสังคมฯ	การเคหะแห่งชาติ	ก่อสร้างที่พักอาศัย
	กระทรวงการพัฒนาสังคมฯ	สำนักงานแรงงานคน	ก่อสร้างสถานธนาคราะห์
	กระทรวงมหาดไทย	กรมโยธาธิการและผังเมือง	ควบคุมกฎหมายและมาตรฐานการก่อสร้างกำหนดเขตผังเมือง
การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน	กระทรวงคมนาคม	กรมการขนส่งทางน้ำและพาณิชยนาวี	พัฒนาโครงสร้างพื้นฐานการขนส่งทางน้ำ
	กระทรวงคมนาคม	กรมทางหลวง	พัฒนาโครงสร้างพื้นฐานทางหลวง การก่อสร้างและบำรุงรักษาทางหลวง
	กระทรวงคมนาคม	กรมทางหลวงชนบท	พัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านทางหลวง การก่อสร้างและบำรุงรักษาทางหลวง ชนบท
	กระทรวงคมนาคม	สำนักนโยบายและแผนการขนส่ง และจราจร	ศึกษา วิเคราะห์ เสนอแนะนโยบาย วางแผนการขนส่งและจราจร
	กระทรวงเกษตรและสหกรณ์	กรมชลประทาน	งานก่อสร้าง อาคารชลประทาน
	กระทรวงคมนาคม	การทางพิเศษแห่งประเทศไทย	พัฒนาทางพิเศษ
	กระทรวงคมนาคม	การรถไฟแห่งประเทศไทย	พัฒนาระบบขนส่งรถไฟได้ดิน
	กระทรวงคมนาคม	บริษัทท่าอากาศยานไทย จำกัด, บริษัทท่าอากาศยานสากลกรุงเทพ แห่งใหม่ จำกัด	สร้างสนามบินนานาชาติ
	กระทรวงคมนาคม	การท่าเรือแห่งประเทศไทย	สร้างท่าเรือพาณิชย์
	กระทรวงคมนาคม	การรถไฟแห่งประเทศไทย	สร้างระบบขนส่งทางรถไฟ
	กระทรวงอุตสาหกรรม	การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย	สร้างนิคมอุตสาหกรรม
	กระทรวงพลังงาน	การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย	ผลิตไฟฟ้า สร้างโรงไฟฟ้า เหมืองลิถเียมที่
	กระทรวงมหาดไทย	การไฟฟ้านครหลวง	สร้างระบบจัดจำหน่ายไฟฟ้าเขตนครหลวง
	กระทรวงมหาดไทย	การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค	สร้างระบบจัดจำหน่ายไฟฟ้าเขตภูมิภาค
	กระทรวงมหาดไทย	การประปานครหลวง	สร้างระบบจัดจำหน่ายประปาเขตนครหลวง
	กระทรวงมหาดไทย	การประปาส่วนภูมิภาค	สร้างระบบจัดจำหน่ายประปาเขตภูมิภาค
กระทรวงมหาดไทย	กรุงเทพมหานคร	พัฒนาสาธารณูปโภคเขตนครหลวง	
กระทรวงมหาดไทย	กรมส่งเสริมการปกครองส่วนท้องถิ่น	สร้างและบำรุงรักษาโครงสร้างพื้นฐานในท้องถิ่น	

3. การพัฒนาฐานข้อมูลชั้นดินทางวิศวกรรมในประเทศไทย

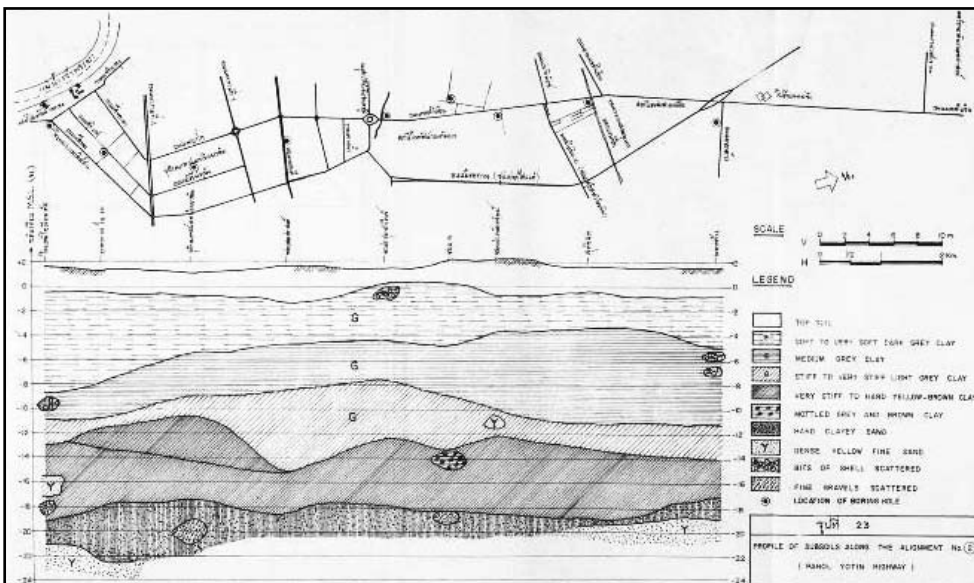
ระบบฐานข้อมูลชั้นดินในประเทศไทย เริ่มต้นประมาณปี พ.ศ. 2478 โดยกรมพัฒนาที่ดิน ได้ใช้ระบบการสำรวจและจำแนกดินตามแบบของกระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกา (United States Department of Agriculture: USDA) อย่างไรก็ตามระบบดังกล่าวเป็นข้อมูลทางด้านเกษตรกรรม เพื่อใช้ในการวางแผนการใช้ที่ดินและการอนุรักษ์ดินและน้ำ การพัฒนาระบบฐานข้อมูลชั้นดินทางด้านวิศวกรรมเริ่มตั้งแต่ปี พ.ศ. 2500 (วิชาญ, 2546) โดยการพัฒนาระบบฐานข้อมูลดินในประเทศไทยใช้เทคโนโลยีการจับเก็บและนำเสนอข้อมูล ซึ่งสามารถแบ่งช่วงเวลาที่ใช้พัฒนาได้เป็น 3 ช่วง คือ



•• ช่วงแรก ปี พ.ศ. 2500 ถึง พ.ศ. 2523

ช่วงนี้ประเทศไทยได้รับวิทยาการและเทคโนโลยีสมัยใหม่จากต่างประเทศ เช่น มาเลเซีย สิงคโปร์ ออสเตรเลีย และญี่ปุ่น (วิชาญ, 2546) โดยเริ่มมีการเก็บรวบรวมข้อมูลแปลผลและนำเสนอข้อมูลชั้นดินในรูปแบบเอกสาร ในช่วงนี้ระบบคอมพิวเตอร์ยังไม่เป็นที่แพร่หลาย โดยในปี พ.ศ. 2509 ได้มีการเผยแพร่บทความ Engineering Properties of

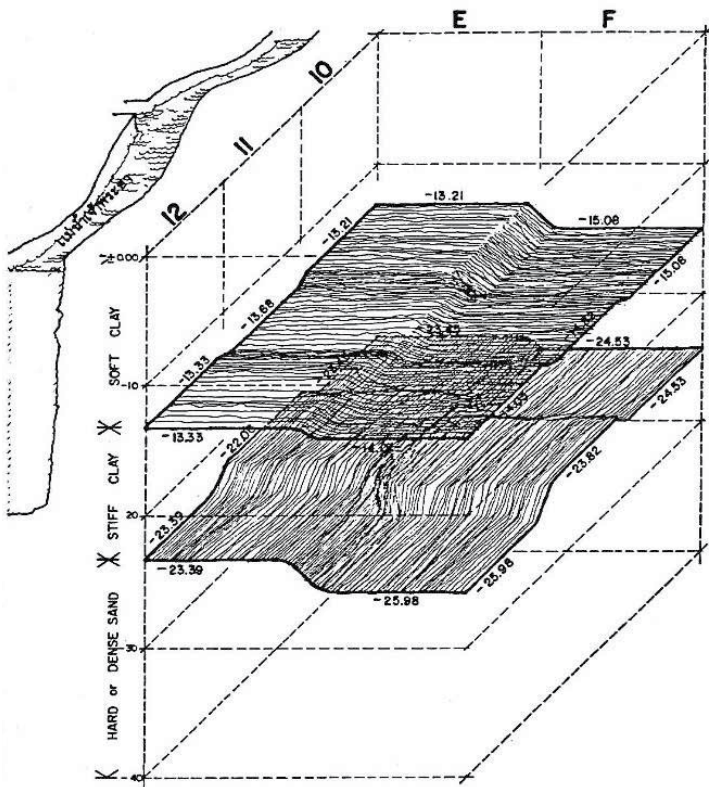
Bangkok Subsoil โดย ศ.ดร.ชัย มุกตพันธ์ และคณะ และปี พ.ศ.2520 ได้มีการเผยแพร่หนังสือข้อมูลสภาพดินบริเวณลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง โดยวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย รูปที่ 3 แสดงตัวอย่างข้อมูลในหนังสือข้อมูลสภาพดินบริเวณลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง



รูปที่ 3 ตัวอย่างข้อมูลชั้นดินบริเวณถนนพหลโยธิน (วสท, 2520)

•• ช่วงที่สอง ปี พ.ศ. 2523 ถึง พ.ศ. 2538

ในช่วงนี้มีการใช้ระบบคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการจัดเก็บข้อมูล วิเคราะห์และแสดงผล แต่ระบบคอมพิวเตอร์ที่ใช้ยังไม่มีประสิทธิภาพมากนักถ้าเทียบกับปัจจุบัน รูปที่ 4 แสดงตัวอย่างการแปลผลชั้นดินถึง 3 เมตร ด้วยการเขียนภาพด้วยมือ

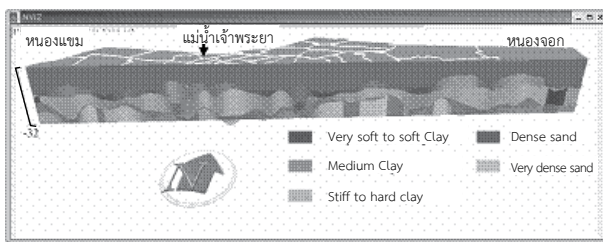


รูปที่ 4 ตัวอย่างการแปลผลชั้นดินด้วยระบบคอมพิวเตอร์ แต่เขียนภาพด้วยมือ (กำธร, 2529)

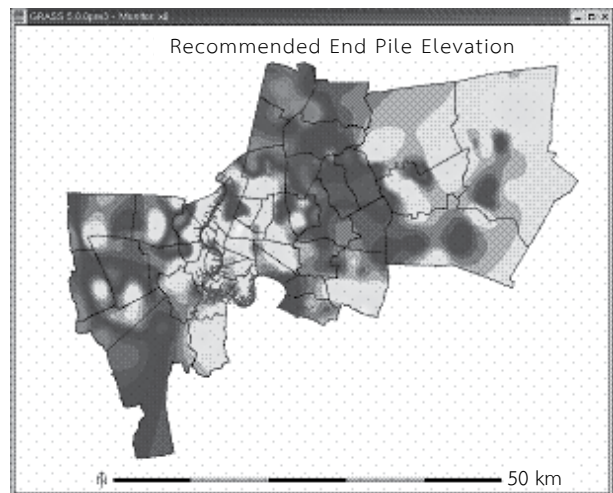
•• ช่วงที่สาม ปี พ.ศ. 2538 ถึง ปัจจุบัน

ในช่วงนี้เทคโนโลยีทางด้านคอมพิวเตอร์ ได้พัฒนาเป็นอย่างมาก ทั้งด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ โปรแกรมประยุกต์ต่างๆ และระบบ Internet ได้เข้ามามีบทบาทกับทุกสาขาวิชา ทำให้เกิดระบบการจัดการต่างๆ ขึ้น โดยเฉพาะระบบการจัดการฐานข้อมูล (Database Management System: DBMS), ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS) และเว็บเซอร์วิส (Web Service) ซึ่งมีความสำคัญมากกับงานทางด้านฐานข้อมูลชั้นดิน ทั้งในเรื่องการจัดการข้อมูล การแปลผลข้อมูล การวิเคราะห์เชิงพื้นที่ การเผยแพร่ข้อมูล และการแลกเปลี่ยนข้อมูล อาทิเช่น ปณท (2545) ได้ศึกษาและจัดทำระบบฐานข้อมูลชั้นดินในพื้นที่กรุงเทพมหานคร เพื่อสร้างแผนผังการออกแบบเสาเข็ม ซึ่งประกอบด้วย แผนที่แนะนำระดับปลายเข็ม (ระดับลึกกว่าดินทราย $N > 30$ blows/ft. อีก 1.5 เมตร) แผนที่ f_s

(กำลังรับน้ำหนักจากแรงเสียดทาน) ของความยาวเสาเข็ม 16-36 เมตร และ แผนที่ q_u (กำลังรับน้ำหนักจากปลายเสาเข็ม) ดังแสดงในรูปที่ 5 และ 6 โดยฐานข้อมูลสามารถเข้าถึงได้ทางระบบอินเทอร์เน็ต



รูปที่ 5 ภาพตัดสภาพชั้นดินพื้นที่กรุงเทพมหานคร (ปณท, 2545)



รูปที่ 6 ระดับแนะนำในการวางปลายเข็ม (เมตร) ในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร (ปณท, 2545)

หลายหน่วยงานทั้งหน่วยงานวิชาชีพและหน่วยงานการศึกษาวิจัยได้ทำการพัฒนาระบบฐานข้อมูลชั้นดิน ตั้งแต่ในอดีตจนถึงปัจจุบัน (พ.ศ.2552) ด้วยระบบคอมพิวเตอร์ ดังแสดงในตารางที่ 2 ซึ่งจะเห็นได้ว่าแม้จะมีหลายหน่วยงานที่ได้มีการพัฒนาระบบการจัดเก็บ แต่พบว่าไม่สามารถแลกเปลี่ยนหรือใช้ข้อมูลร่วมกันได้ เนื่องจากมีการจัดเก็บและโครงสร้างข้อมูลที่แตกต่างกัน นอกจากนี้หลายหน่วยงานได้จัดเก็บข้อมูลหลุมเจาะในรูปแบบของไฟล์รูปภาพ หรือ PDF ไฟล์ ซึ่งยากต่อการนำไปวิเคราะห์ต่อ

ในเชิงพื้นที่หรือการหาค่าความสัมพันธ์ทางสถิติต่างๆ การจัดเก็บข้อมูลที่เหมาะสมกับการนำไปใช้ย่อมมีประสิทธิภาพ คือ การจัดเก็บข้อมูลแบบตัวเลขหรือตัวอักษร (Text Format) โดยจะสามารถนำข้อมูลไปวิเคราะห์และประยุกต์ใช้งานเชิงพื้นที่ได้ นอกจากนั้นการเผยแพร่หรือการเข้าถึงข้อมูลที่สะดวกและรวดเร็ว เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ระบบที่พัฒนาขึ้นมาได้รับการยอมรับ และใช้งานอย่างแพร่หลาย ซึ่งจะทำให้มีการปรับปรุงหรือแก้ไขข้อมูล (Update) รวมถึงการเพิ่มข้อมูลหลุมเจาะใหม่ให้ครอบคลุมพื้นที่มากขึ้น



4. การประยุกต์ใช้ฐานข้อมูลในงานธรณีวิศวกรรม

ข้อมูลดินทางวิศวกรรมและลักษณะของชั้นดินมีความสำคัญดังที่ได้อธิบายไว้ในหัวข้อที่ 2 ในที่นี้จะขอเสนอตัวอย่างการประยุกต์ใช้ระบบฐานข้อมูลชั้นดินของหน่วยงานต่างๆ ในการวิเคราะห์ทางธรณีวิศวกรรม ดังต่อไปนี้

4.1 พื้นที่ที่เหมาะสมในการก่อสร้างบ่อฝังกลบขยะ :
ทั้งนี้เนื่องจากการก่อสร้างบ่อฝังกลบขยะที่ถูกต้องตามหลักวิศวกรรมจำเป็นต้องมีชั้นดินเหนียวธรรมชาติที่มีความหนาอย่างน้อย 5 เมตร รองรับชั้นวัสดุทับน้ำ เพื่อป้องกันการรั่วซึม

ของน้ำชะมูลฝอยลงสู่ น้ำใต้ดิน ดังนั้นการแปลผลข้อมูลการวางตัวของชั้นดินจึงมีความสำคัญต่อการกำหนดพื้นที่บ่อฝังกลบขยะ ทั้งนี้กรมทรัพยากรน้ำบาดาลได้ศึกษาพื้นที่ที่เหมาะสมในการก่อสร้างบ่อฝังกลบขยะในพื้นที่ที่ราบลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาตอนบนและตอนล่างบางส่วน (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2549) โดยทำการรวบรวมข้อมูลลักษณะชั้นดินจากการเจาะสำรวจน้ำบาดาลร่วมกับข้อมูลผลการทดสอบธรณีฟิสิกส์โดยวิธีความต้านทานไฟฟ้าและ

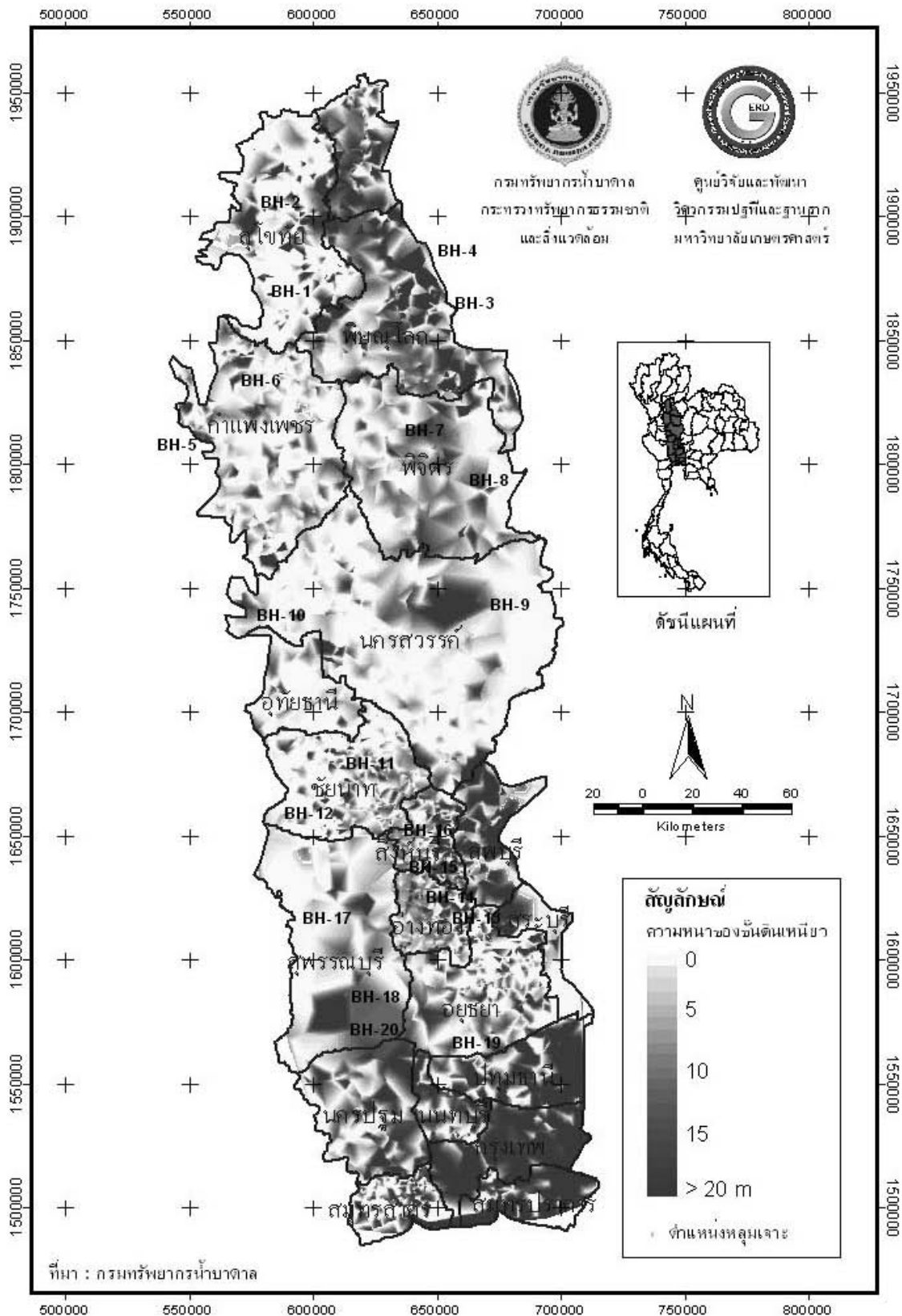
ตารางที่ 2 การพัฒนาระบบฐานข้อมูลขึ้นดินทางวิศวกรรมในประเทศไทย

No	ผู้จัดทำหรือหน่วยงาน	ปี พ.ศ.	จำนวน หลุม เจาะ	โปรแกรมประยุกต์ และฐานข้อมูล	รูปแบบการจัดเก็บ		วิเคราะห์และ ประยุกต์ ใช้งาน	เผยแพร่ ข้อมูล	
					รูปภาพ	ตัวเลข			
1	กำธร (เกษตร)	2529	416	Basic/Hollerith Card		✓	✓		
2	กวีวงศ์ (จุฬา)	2530	408	Basic/ Lotus 123		✓	✓		
3	ปิยพันธ์ และคณะ (พระจอมเกล้าธนบุรี)	2533	*						
4	วิชัยและคณะ (จุฬา)	2535	*	Pascal/ Lotus 123		✓	✓		
5	Chinkulkijniwat (AIT)	2541	*	MS-VB/ MS-Access		✓	✓		
6	Gangopadhyat et.al (AIT)	2542	60	GRASS		✓	✓		
7	ณรงค์วิทย์ (พระจอมเกล้าธนบุรี)	2542	*						
8	คมกริช (เกษตร)	2543	272	MapInfor/ MS-Access		✓	✓		
9	คมศิลป์ (จุฬา)	2544	1083	ArcView/ MS-Access		✓	✓		
10	ปณุต (เกษตร)	2545	1163	GRASS/ PostgreSQL		✓	✓	**	
11	กรมพัฒนาที่ดิน	2545	ข้อมูลชั้นดินทางด้านการเกษตร						✓
12	ประพัฒน์และคณะ (สยาม)	2548	70	MS-VB/ Folder	✓			✓	
13	กรมโยธาธิการและผังเมือง	2548	>1000	Web Application	✓			✓	
14	กรมทรัพยากรธรณี	2548	>100	Web Application		✓	✓	***	
15	ณัฐวุฒิและคณะ (พระนครเหนือ)	2549	*	MS-VB / MS-Access		✓	✓		
16	ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรม ปฐพีและฐานราก (เกษตร)	2553	4,293	PostgreSQL		✓	✓	***	

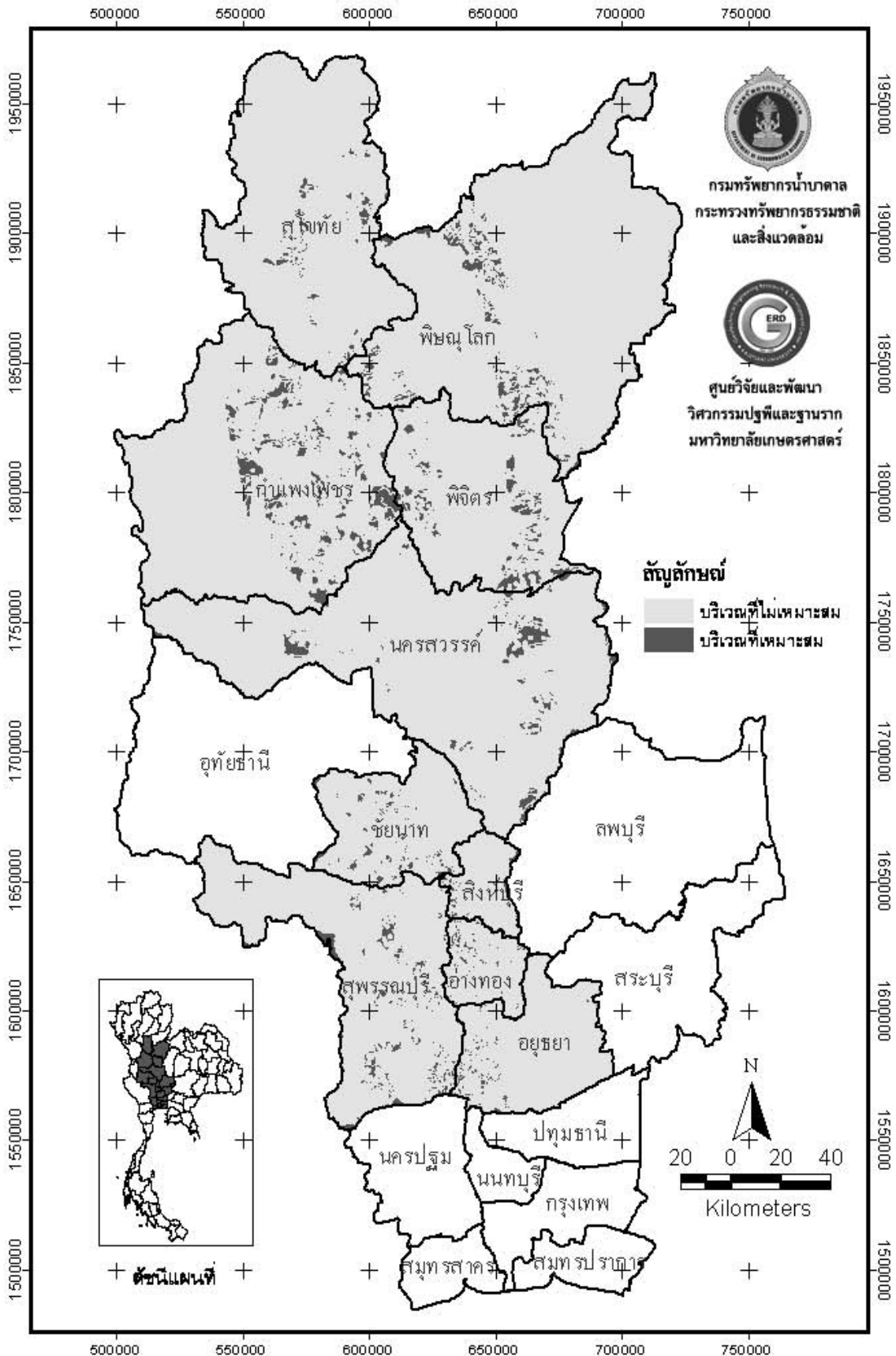
ข้อมูลหลุมเจาะสำรวจ และได้ทำการจัดเก็บข้อมูลดังกล่าว ในระบบฐานข้อมูลของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อทำการแปลผลการวางตัวของชั้นดินและนำข้อมูลดังกล่าว มาร่วมพิจารณากับปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับเกณฑ์การเลือก

พื้นที่ก่อสร้างบ่อฝังกลบขยะ เช่น ระยะห่างจากแหล่งน้ำ ธรรมชาติ เป็นต้น ผลการวิเคราะห์การวางตัวของชั้นดิน แสดงในรูปแบบที่ 7 และผลการวิเคราะห์พื้นที่ที่เหมาะสมในการ ก่อสร้างบ่อฝังกลบขยะแสดงดังรูปที่ 8

แผนที่ตำแหน่งการเจาะสำรวจชั้นดินในสนาม

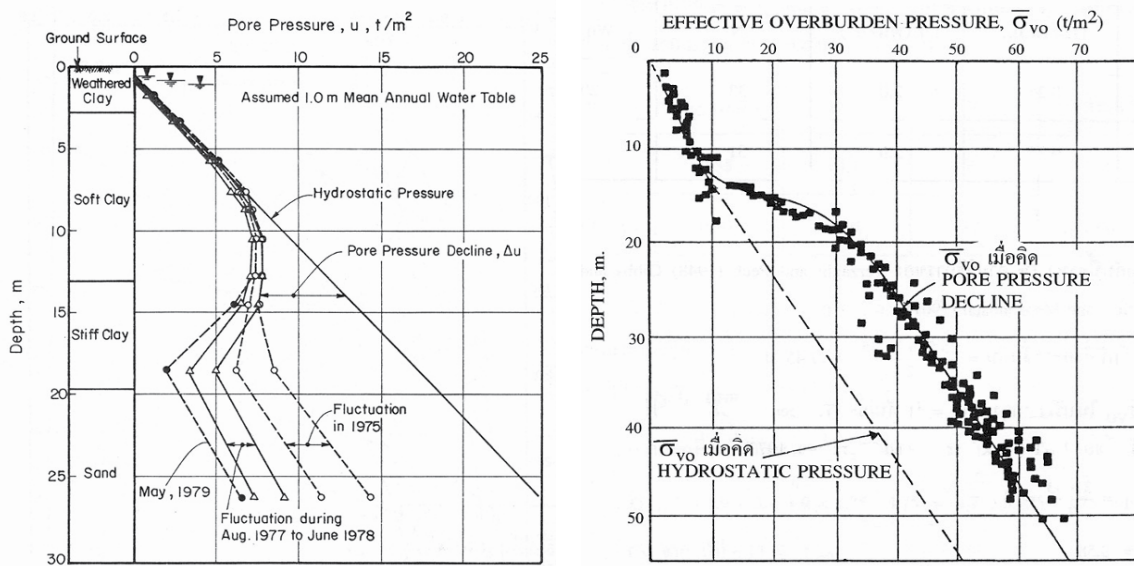


รูปที่ 7 ความหนาของชั้นดินเหนียวในพื้นที่ภาคกลาง (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2549 และ สุทธิศักดิ์, 2548)

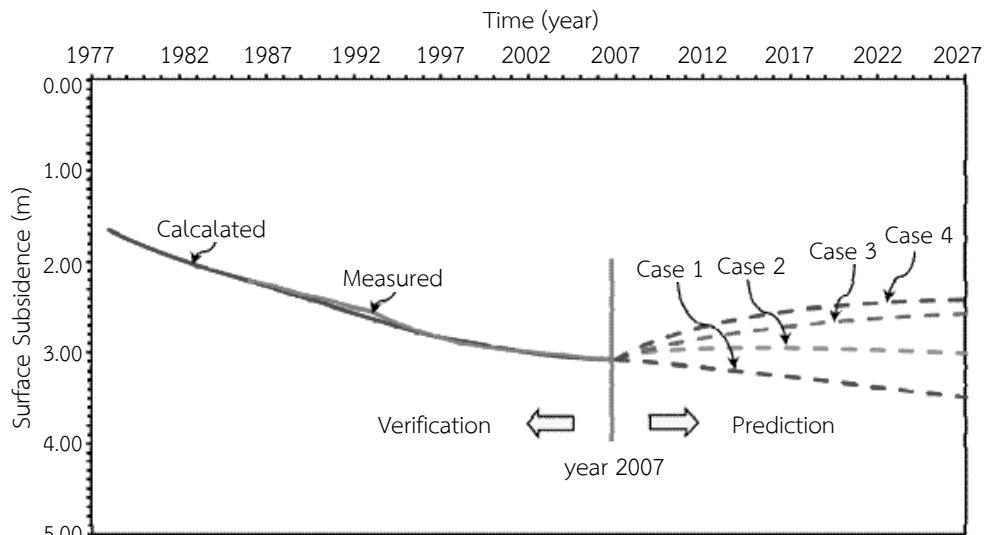


รูปที่ 8 พื้นที่เหมาะสมสำหรับการสร้างฝั้งกอบกั้นเพื่อเก็บกักน้ำบาดาล (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2549 และ สุทธิศักดิ์, 2548)

4.2 การทรุดตัวของพื้นดินเนื่องจากการสูบน้ำบาดาล : การสูบน้ำบาดาลมีผลทำให้แรงดันน้ำใต้ดินมีสภาพลดลง (Piezometric Drawdown) ดังแสดงในรูปที่ 9 โดยผลจากการลดลงของแรงดันน้ำในมวลดินส่งผลต่อการทรุดตัวของชั้นดินตั้งแต่ระดับลึกจนถึงระดับเกือบถึงพื้นดิน ทั้งนี้เนื่องจากผลจากการลดลงของแรงดันน้ำในมวลดินส่งผลให้แรงดันประสิทธิผลในมวลดินเพิ่มขึ้น (Effective Stress) และกระทำให้เกิดการบีบตัวแบบอัดตัวคายน้ำ (Consolidation) เพิ่มขึ้นในชั้นดิน โดยเฉพาะในชั้นดินเหนียวเหนือชั้นทรายชั้นแรกของดินกรุงเทพฯ การทราบลักษณะการวางตัว (ความหนาและระดับของชั้นดิน) และคุณสมบัติด้านการอัดตัวคายน้ำของชั้นดินเหนียวเชิงพื้นที่ (C_c , C_s , C_v) จะทำให้สามารถสร้างแบบจำลองการใช้น้ำที่สามารถป้องกันการทรุดตัวของแผ่นดิน เนื่องจากการสูบน้ำบาดาลได้ ดังผลการวิเคราะห์ของ สุธรรมและวรากร (2549) ดังแสดงในรูปที่ 10



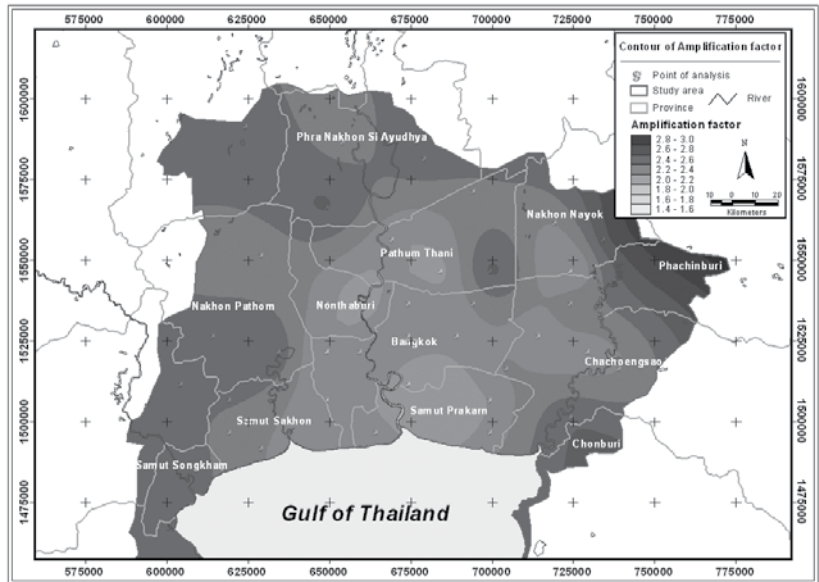
รูปที่ 9 การลดแรงดันน้ำใต้ดินส่งผลให้แรงดันประสิทธิผลในมวลดินเพิ่มขึ้นทำให้เกิดการทรุดตัวของชั้นดินเหนียว (Asian Institute of Technology, 1978)



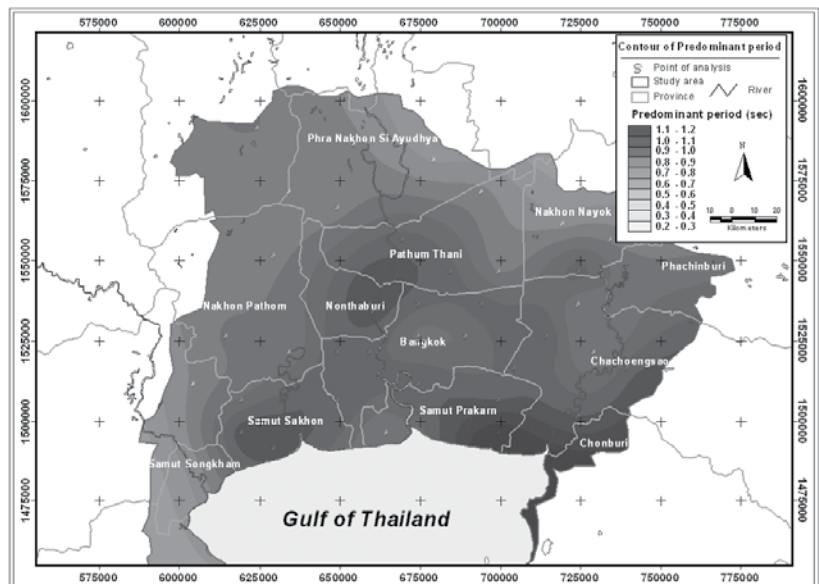
รูปที่ 10 การวิเคราะห์เปรียบเทียบและคาดการณ์การทรุดตัวจากการสูบน้ำบาดาล ในกรณีการสูบน้ำลักษณะต่างๆ โดยอาศัยข้อมูลชั้นดินกรุงเทพฯ (สุธรรม และวรากร, 2549)

4.3 การตอบสนองของชั้นดินต่อแรงกระทำแผ่นดินไหว
ดินไหว : เมื่อคลื่นแผ่นดินไหวเคลื่อนที่จากจุดกำเนิดมายังผิวโลก การตอบสนองคลื่นแผ่นดินไหวของผิวดินจะมีลักษณะต่างกันตามสภาพทางธรณีวิทยาอันจะส่งผลต่อพฤติกรรมตอบสนองของอาคารต่างกันไปด้วย ดินตะกอนที่มีค่าความเร็วคลื่นแรงเฉือน (Shear Wave Velocity) ต่ำมีแนวโน้มการขยายความถี่การสั่นสะเทือนมากกว่าบริเวณชั้นหินโผล่ (Outcrop) ทั้งนี้การขยายความถี่ของการสั่นสะเทือนมีผลโดยตรงจากคุณสมบัติทางวิศวกรรมของชั้นดิน อันได้แก่ อัตราส่วนช่องว่าง Plastic Index (PI) Over Consolidation Ratio (OCR) ความเค้นประสิทธิผล รวมถึงความหนาของชั้นดินเหนียวอ่อน อำนาจและสุทธิตกดี (2552) ได้ทำการศึกษาพฤติกรรมตอบสนองของชั้นดินกรุงเทพฯ โดยอาศัยข้อมูลจากฐานข้อมูลชั้นดินกรุงเทพฯ ของศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ผลการวิเคราะห์พบว่าความถี่สูงสุดของคลื่นความถี่กับเวลามีผลจากความหนาของชั้นดินเหนียวอ่อนอย่างชัดเจนดังแสดงในรูปที่ 11 และ 12 ผลการศึกษาดังกล่าวจะมีประโยชน์อย่างยิ่งต่อการป้องกันการพิตติของโครงสร้างเมื่อถูกแรงกระทำแผ่นดินไหว

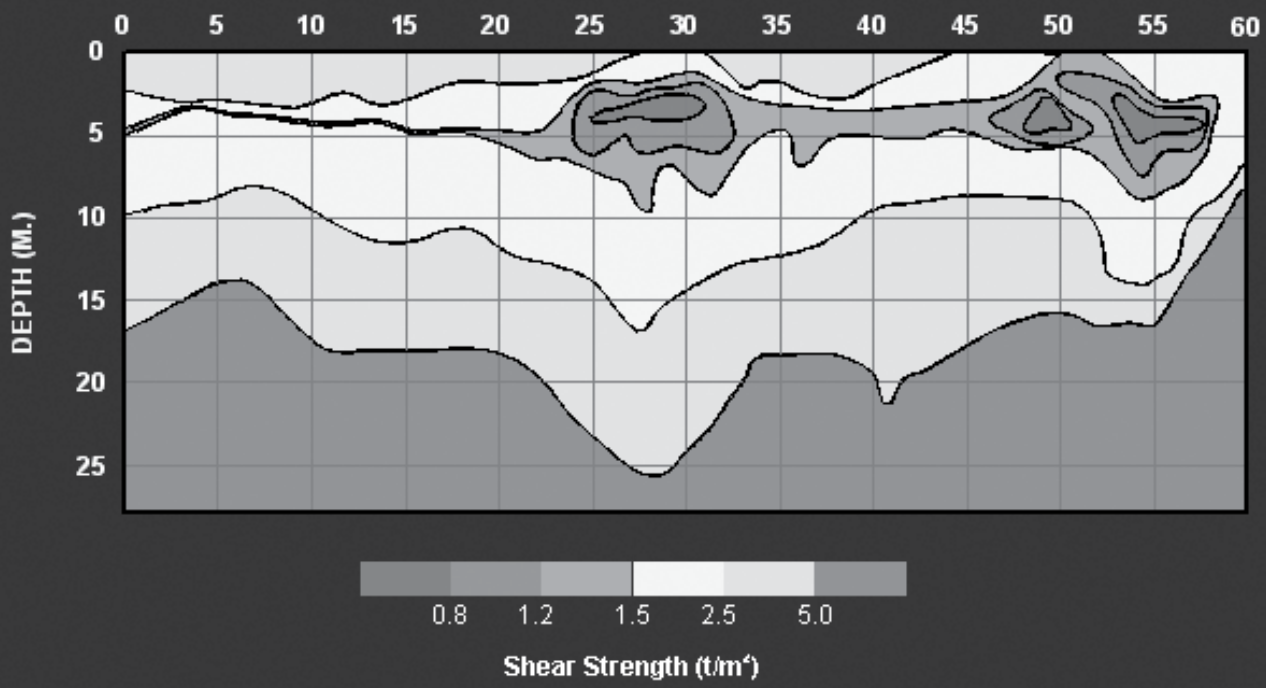


รูปที่ 11 การขยายความถี่ของคลื่นแผ่นดินไหวบริเวณผิวดินกรณี PGA ของคลื่นแผ่นดินไหวเท่ากับ 0.1g (อำนาจ และสุทธิตกดี, 2552)



รูปที่ 12 คาบเด่นของการสั่นไหวของคลื่นแผ่นดินไหวที่ผิวดินกรณี PGA ของคลื่นแผ่นดินไหว เท่ากับ 0.1g (อำนาจ และสุทธิตกดี, 2552)

“ การขยายความถี่สูงสุดของคลื่นความถี่กับเวลามีผลจากความหนาของชั้นดินเหนียวอ่อนอย่างชัดเจน ”



รูปที่ 13 กำลังรับแรงเฉือนของชั้นดินตามแนวนอนบางนา-บางปะกง (ดัดแปลงจาก Pussyanavin, 1986)

4.4 การทรุดตัวของถนนสายบางนา-บางปะกง :

สภาพดินเหนียวอ่อนที่มีความสามารถในการทรุดตัวในลักษณะอัดตัวคายน้ำที่สูงและมีความหนามาก จะส่งผลต่อการทรุดตัวที่มากขึ้นไปในระยะยาวของถนนที่ก่อสร้างบนชั้นดินดังกล่าว ตัวอย่างที่ชัดเจนเช่น การทรุดตัวของถนนสายบางนา-บางปะกง ในอดีตที่มีการทรุดตัวมากในช่วง กม.22 ถึง กม.34 เนื่องจากชั้นดินเหนียวอ่อนที่หนา (รูปที่ 13) โดยการทรุดตัวสูงสุดเท่ากับประมาณ 2.5 เมตร เกิดขึ้นหลังจากเปิดใช้งานถนนประมาณ 10 ปี ทำให้ถนนไม่สามารถใช้งานได้เนื่องจากระดับถนนต่ำกว่าระดับน้ำท่วมสูงสุด ปัจจุบันถนนสายดังกล่าวได้ดำเนินการแก้ไขโดยการปรับปรุงฐานรากถนนโดยใช้เสาเข็มดินซีเมนต์ ทำให้ปัญหาการทรุดตัวหมดไป นอกจากนี้ปัญหาที่เกิดขึ้นกับถนนดังกล่าวปัญหายังเกิดกับทางขึ้นลงของทางพิเศษบูรพาวิถีของการทางพิเศษแห่งประเทศไทย โดยทางขึ้นลงในช่วง กม.ดังกล่าวได้เกิดปัญหาการทรุดตัวที่มากกว่าทางขึ้นลงในช่วง กม.อื่นอย่างเห็นได้ชัด โดยปัจจุบันการทางพิเศษฯ อยู่ระหว่างการศึกษาเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว

ทั้งนี้จากสิ่งที่ได้กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่าฐานข้อมูลชั้นดินนั้นเมื่อนำมาแปลผลในเชิงพื้นที่ จะมีประโยชน์อย่างยิ่งในหลายด้าน ทั้งการป้องกันพิบัติภัยจากธรรมชาติและมนุษย์ ลดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาซ่อมแซมโครงสร้างพื้นฐานและระบบสาธารณูปโภค และยืดอายุการใช้งานโครงสร้างพื้นฐาน

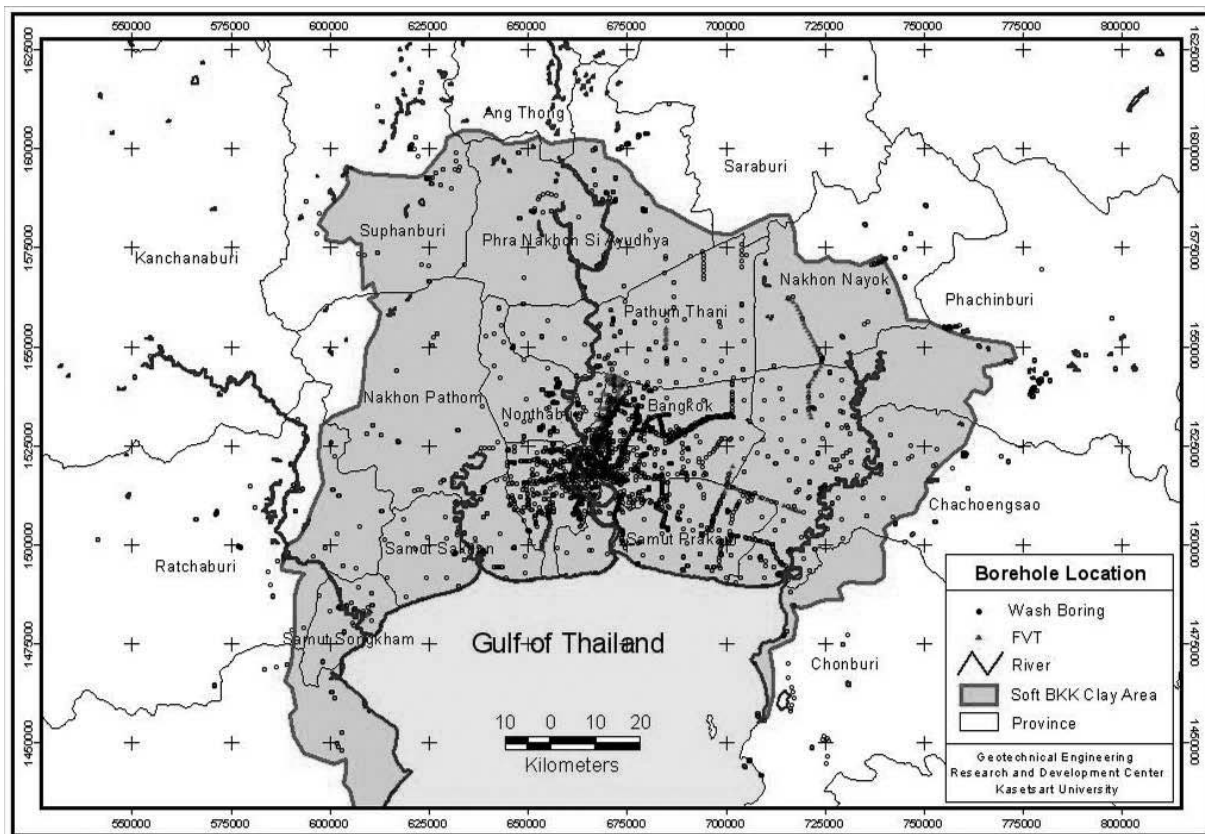
5. ฐานข้อมูลชั้นดินกรุงเทพฯ

การพัฒนาระบบฐานข้อมูลชั้นดิน เริ่มจากการรวบรวมและจัดเก็บข้อมูลชั้นดิน โดยการพัฒนากระบวนการฐานข้อมูลชั้นดินซึ่งแบ่งเป็น 3 ขั้นตอน คือ 1. ส่วนที่ใช้จัดเก็บข้อมูลหรือเรียกว่าฐานข้อมูล (Database) 2. ส่วนที่ใช้วิเคราะห์และประมวลผล (อาศัยระบบ GIS) 3. ส่วนติดต่อกับผู้ใช้ (Web Service) ในบทความนี้จะแสดงแนวทางในการพัฒนาระบบ ในส่วนของข้อมูลดิน การวิเคราะห์และประมวลผลชั้นดิน เป็นหลักไม่รวมส่วนติดต่อกับผู้ใช้

5.1 การรวบรวมข้อมูลชั้นดิน

การรวบรวมข้อมูลชั้นดินในพื้นที่แอ่งดินเหนียวอ่อน กรุงเทพฯ (Bangkok Soft Clay) ที่ตั้งอยู่บริเวณภาคกลางตอนล่างได้รับความอนุเคราะห์ทั้งจากภาครัฐและภาคเอกชน และได้ดำเนินการรวบรวมมาตั้งแต่อดีตโดยมี รศ.ดร.วรากร ไม้เรียง เป็นผู้พัฒนาระบบการเก็บและประมวลผลข้อมูลมาอย่างต่อเนื่อง โดยลักษณะของข้อมูลที่ได้เป็นลักษณะการจัดเก็บเอกสาร (Hard copy) ที่มีการจัดเก็บหลากหลายรูปแบบ เช่น ไฟล์รูปภาพ (JPG, GIF, BMP), ไฟล์เอกสาร (Excel, pdf) เป็นต้น โดยปัจจุบันฐานข้อมูลดินของศูนย์วิจัย

และพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สามารถรวบรวมและพิมพ์ข้อมูลเป็นดิจิทัลได้ทั้งสิ้น 3,755 หลุม ประกอบด้วย การเจาะเก็บตัวอย่างแบบ Wash boring จำนวน 3,447 หลุม และ Field Vane Shear Test จำนวน 308 หลุม และจัดเก็บในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) แสดงดังรูปที่ 14 การดำเนินการในส่วนนี้ต้องอาศัยค่าใช้จ่ายและความอดทนเป็นอย่างยิ่งเนื่องจากข้อมูลมาจากหลายรูปแบบซึ่งต่างไปตามบริษัทรับเจาะสำรวจและหน่วยงานผู้ว่าจ้าง



รูปที่ 14 ตำแหน่งหลุมเจาะทั้งหมดในฐานข้อมูลดินทางวิศวกรรม ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5.2 การจัดเก็บข้อมูล

การจัดเก็บข้อมูลชั้นดินจากการเจาะสำรวจประกอบด้วย ข้อมูลคุณสมบัติทางกายภาพ และคุณสมบัติทางวิศวกรรม โดยได้นำเข้าข้อมูลชั้นดินให้อยู่ในรูปแบบตัวเลขหรือตัวอักษร เนื่องจากข้อมูลชั้นดินของแต่ละหน่วยงานที่รวบรวมมานั้น มีความแตกต่างกัน เช่น แบบฟอร์ม, หน่วย เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อความสะดวกและลด



Depth	Sample No.		Group Symbol	Atterberg Limit				Water Content, Ww (%)		Unconfined Compression, q_u		SPT	Specific Gravity, G_s	Sieve Analysis (US Standard Sieve)		Unconfined Compression Test, UC	Vane Shear Strength, q_v		
	From	To		LL	PL	PI	MC	UC	UC	%	%			Peak	PS		RS	ST	
25	1.50	2.00	ST 1	CH-MH	60.05	33.22	26.83	37.91	0.40	0.25	1.88	1.26				0.20	0.13		
26	3.00	3.50	ST 2	CH-MH	67.00	30.84	26.16	43.48	0.31	0.25	1.67	1.16				0.16	0.13		
27	4.50	5.00	ST 3	CH-MH	51.68	25.17	26.51	59.62	0.21	0.25	1.60	1.00				0.10	0.13		
28	6.00	6.50	ST 4																
29	7.50	8.00	ST 5																
30	9.00	9.50	ST 6	CH	59.95	29.32	29.53	70.70	0.14	0.25	1.58	0.99				0.07	0.13		
31	10.50	11.00	ST 7	CH	83.48	23.62	29.66	72.85	0.30	0.25	1.59	0.92				0.10	0.13		
32	12.00	12.50	ST 8	CH	51.68	25.17	26.51	59.62	0.21	0.25	1.60	1.00				0.10	0.13		
33	13.50	14.00	ST 9																
34	15.00	15.50	ST 10	CH	52.18	27.53	24.65	50.18	0.30	0.25	1.66	1.11				0.15	0.13		
35	16.50	17.00	SS 11	CH	62.65	19.78	32.87	37.42	1.08	1.50	1.90	1.38				0.54	0.75		
36	18.00	18.45	SS 12	CL	47.20	25.11	22.09	39.03	0.69	1.00	1.80	1.37	13			0.34	0.5		
37	19.50	19.95	SS 13	CL	48.25	25.02	23.23	25.85	1.48	3.00	1.98	1.57	23.000			0.74	1.5		
38	21.00	21.45	SS 14	CL	48.40	22.18	26.22	26.88		1.00	1.66	1.31	0.000				0.5		
39	22.50	22.95	SS 15	CL	47.95	23.53	24.42	21.35	3.41	4.50	2.14	1.76	40.000			1.70	2.25		
40	24.00	24.45	SS 16	SM-SC				17.10		4.50	1.69	1.44	34.000				7.25		

รูปที่ 15 ระบบนำเข้าข้อมูลชั้นดิน

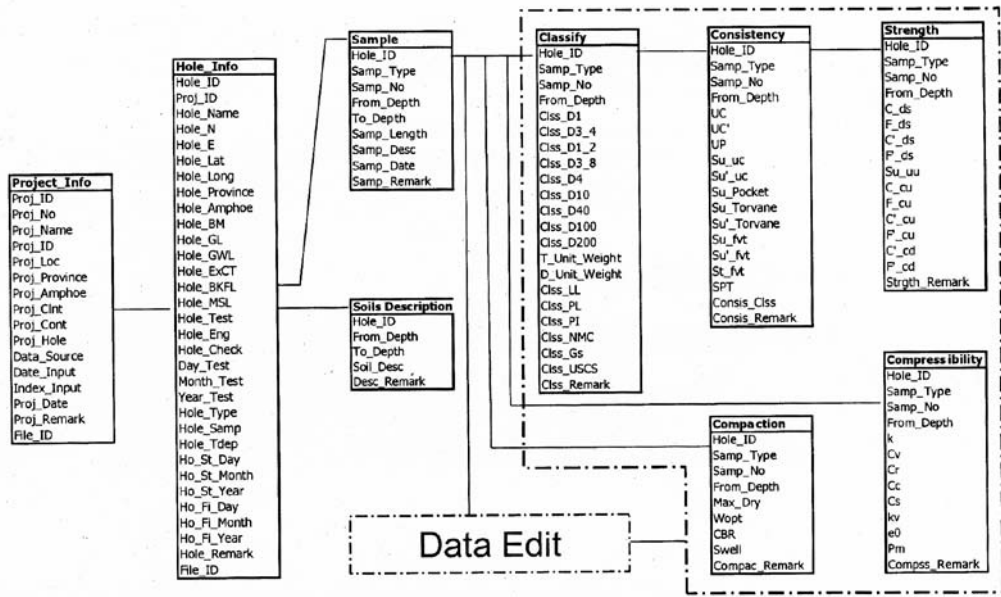
ความผิดพลาดในการจัดเก็บข้อมูลจึงได้จัดทำโปรแกรมการนำเข้าข้อมูล (Input Data) ดังรูปที่ 15 ซึ่งเป็นระบบการนำเข้าข้อมูลชั้นดิน ที่สามารถรองรับผลการทดสอบคุณสมบัติดินได้ทุกหน่วยงาน ข้อมูลที่ถูกจัดเก็บสามารถแบ่งได้เป็น 3 ส่วน คือ ข้อมูลโครงการ ข้อมูลจากการทดสอบดิน และข้อมูลอธิบายลักษณะชั้นดิน (Soil Description) ซึ่งจะสามารถส่งข้อมูลทั้งสามส่วนเข้าระบบฐานข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์เชิงพื้นที่

ทั้งนี้ข้อมูลที่จัดเก็บในฐานข้อมูลสามารถที่จะแสดงผลในลักษณะของตารางสรุปผลการทดสอบคุณสมบัติดินและรูป Boring Log และจัดพิมพ์ได้ตามต้องการ โดยหน่วยงานทั่วไปสามารถนำระบบดังกล่าวไปใช้ในการจัดทำรายงานผลการเจาะสำรวจได้อย่างสะดวกและเป็นไปตามมาตรฐานและที่สำคัญคือข้อมูลจะได้ถูกจัดเก็บในรูปแบบตัวเลขหรือตัวอักษรแทนที่จะเป็นรูปภาพอย่างเดียว

5.3 โครงสร้างฐานข้อมูลชั้นดิน

โครงสร้างฐานข้อมูลชั้นดิน ดังรูปที่ 16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลในฐานข้อมูลชั้นดิน อันแบ่งย่อยได้ คือ รายละเอียดโครงการ, รายละเอียดของหลุมเจาะ, รายละเอียดของตัวอย่างดิน, รายละเอียดลักษณะชั้นดิน และรายละเอียดของคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางวิศวกรรม โดยรายละเอียดของคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางวิศวกรรมแบ่งเป็น 2 ชุดข้อมูล คือ ชุดแรก ข้อมูลการนำเข้าจากเอกสาร (Hard Copy) ชุดที่สอง ข้อมูลที่ตรวจสอบและแก้ไขตามเงื่อนไขที่กำหนด ดังจะได้อธิบายต่อไป





รูปที่ 16 ความสัมพันธ์ระหว่างตารางข้อมูลในฐานข้อมูลชั้นดิน

5.4 การตรวจสอบข้อมูล

ขั้นตอนสำคัญของการจัดทำฐานข้อมูลชั้นดินคือการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลก่อนที่จะนำไปวิเคราะห์และแปลผลลักษณะชั้นดินเชิงพื้นที่ ทั้งนี้เพื่อลดความแปรปรวนของข้อมูลจากการทดสอบหรือบันทึกข้อมูลในตารางที่ผิดพลาด ขั้นตอนนี้เป็นอีกขั้นตอนหนึ่งที่ต้องใช้ความละเอียดและรอบคอบเป็นอย่างมากในการคิดระบบเพื่อดำเนินการ การตรวจสอบข้อมูลประกอบด้วย

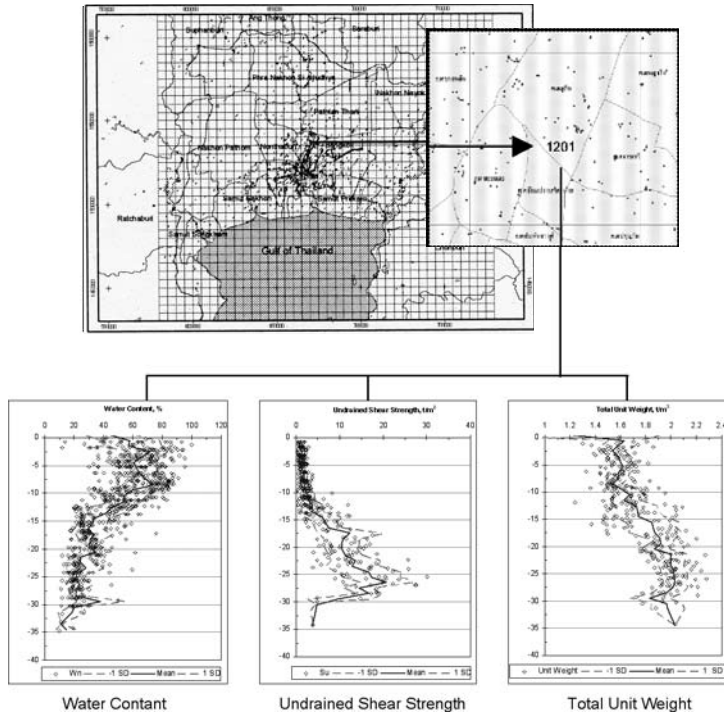
- ตรวจสอบข้อมูลเบื้องต้น (Preliminary) แบ่งเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนแรกตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลนำเข้าตรงกับเอกสารต้นฉบับหรือไม่ โดยเรียกข้อมูลนำเข้าผ่านโปรแกรมการนำเข้าเปรียบเทียบกับเอกสารต้นฉบับ และส่วนที่สองตรวจสอบประเภทข้อมูล (Data Type) ในแต่ละคอลัมน์ว่าเป็นข้อมูลประเภทเดียวกันหรือไม่ เช่น ข้อมูลเลขจำนวนเต็ม, ข้อมูลเลขทศนิยม, ข้อมูลข้อความ, ข้อมูลวันที่ เป็นต้น

- ตรวจสอบการกระจายตัวของข้อมูลในพื้นที่ดำเนินการ เพื่อตรวจสอบขอบเขตของข้อมูลคุณสมบัติดินตามความลึกที่ควรจะเป็น ทั้งนี้ดำเนินการในขอบเขตพื้นที่



กริดขนาด 5 x 5 ตร.กม. และหาค่าเฉลี่ย, ช่วงความแปรปรวน (SD) รวมถึงค่าสูงสุดหรือค่าต่ำสุดที่เป็นไปได้ของคุณสมบัติต่างๆ เช่น ค่าหน่วยน้ำหนักรวมของดินควรอยู่ในช่วง 1.0-2.4 ตัน/ลบ.ม. เป็นต้น เพื่อเป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจด้านความน่าเชื่อถือของข้อมูล รูปที่ 17 แสดงตัวอย่างการตรวจสอบขอบเขตข้อมูลชั้นดินในกริดขนาด 5 x 5 ตร.กม.

สาเหตุที่ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลในกริดขนาดดังกล่าว เพราะมีความประสงค์ในการนำเสนอผลของฐานข้อมูลที่เป็นภาพรวมมากกว่าแสดงข้อมูลในตำแหน่งเฉพาะ ทั้งนี้เพื่อป้องกันการนำข้อมูลไปใช้ในการที่จะก่อให้เกิดผลเสียหายทางธุรกิจของธุรกิจการเจาะสำรวจและอาจเกิดความไม่ปลอดภัยทางวิศวกรรม ถ้าผู้ใช้นำข้อมูลไปใช้ทดแทนการเจาะสำรวจเพื่อการออกแบบ



รูปที่ 17 การตรวจสอบขอบเขตของข้อมูลคุณสมบัติดินตามความลึกและการแสดงผลในภาพรวมกริดขนาด 5x5 ตร.กม.

●● การตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล ได้พิจารณาแนวโน้มของข้อมูลที่ได้จากการทดสอบดินเปรียบเทียบกับค่าคำนวณจากความสัมพันธ์ของสมการต่างๆ เช่น

$$PI_{Test} < U-Line [0.9(LL_{Test} - 8)] \quad (1)$$

ที่มา : Casagrande (1948)

$$\gamma_{(equa)} = \frac{S_r \cdot G_s \cdot \gamma_w (1 + w_n(Test))}{S_r + G_s \cdot w_n(Test)} \quad (2)$$

$$S_{u(equa)} = \sigma'_{vo} \cdot S(OCR)^m \quad (3)$$

ที่มา : Ladd and Foott (1974)

ผลจากการตรวจสอบในส่วนแรก จะได้ทำการปรับแก้ในฐานข้อมูลชุดที่ 1 ส่วนการปรับแก้ใน 2 ส่วนหลัง จะใช้เป็นเกณฑ์ในการตรวจสอบค่าที่น่าเชื่อถือของข้อมูล เพื่อตัดข้อมูลออกไม่นำมาพิจารณาวิเคราะห์ข้อมูลในเชิงพื้นที่

5.5 การแปลผลข้อมูลชั้นดินเชิงพื้นที่

การแปลผลข้อมูลชั้นดินเชิงพื้นที่ วิเคราะห์จากผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางวิศวกรรมของหลุมเจาะในกริดขนาด 5 x 5 ตร.กม. (ดังเหตุผลที่ได้กล่าวมาข้างต้น) และให้จุดกึ่งกลางของกริดเป็นตัวแทนของสภาพชั้นดินในพื้นที่กริดนั้น เพื่อลดความแปรปรวนในการวิเคราะห์ผลเชิงพื้นที่ เนื่องจากเราจะได้จุดของข้อมูลที่มีระยะห่างกัน 5 ก.ม. ในลักษณะเป็นกริด ส่งผลให้การ Interpolation มีความถูกต้องมากขึ้น

การแบ่งชั้นดินใช้คุณสมบัติทางกายภาพสำหรับการแบ่งลักษณะดิน (ดินทรายหรือดินเหนียว) ด้วยวิธี USCS และคุณสมบัติทางวิศวกรรมทางด้านกำลังของดิน โดยจำแนกความแข็งแรงของดินทรายและดินเหนียวตามข้อแนะนำในตารางที่ 3 และตารางที่ 4 ตามลำดับ

การแปลผลข้อมูลชั้นดินในแต่ละกริด จะบ่งบอกถึงความหนาของชั้นดินแต่ละชนิด ซึ่งสามารถสร้างเป็นพื้นผิวจำลองได้ ดังเช่นรูปที่ 18 ที่แสดงแผนที่ความลึกของชั้นดินเหนียวอ่อน (Soft Clay) หรือสามารถแสดงหน้าตัดการจัดเรียงตัวของชั้นดินในแนวต่างๆ ได้ (รูปที่ 19)

ตารางที่ 3 ความสัมพันธ์ N กับความแข็งแรงของดินทราย

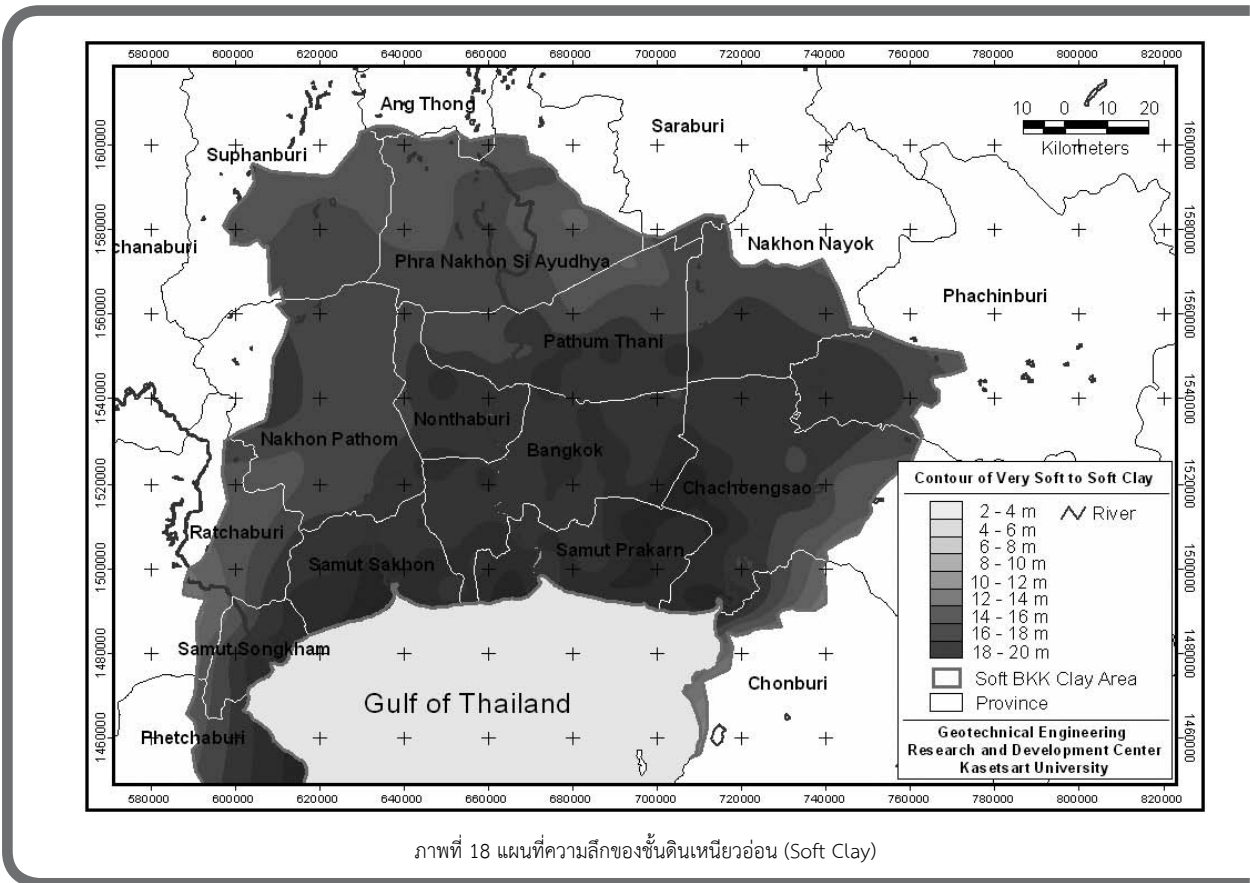
N (blows/ft)	Angle of internal friction, ϕ (degree)	Relative density
0 - 4	25 - 30	very loose
4 - 10	27 - 32	loose
10 - 30	30 - 35	medium
30 - 50	35 - 40	dense
> 50	38 - 45	very dense

ที่มา : Meyerhof (1956)

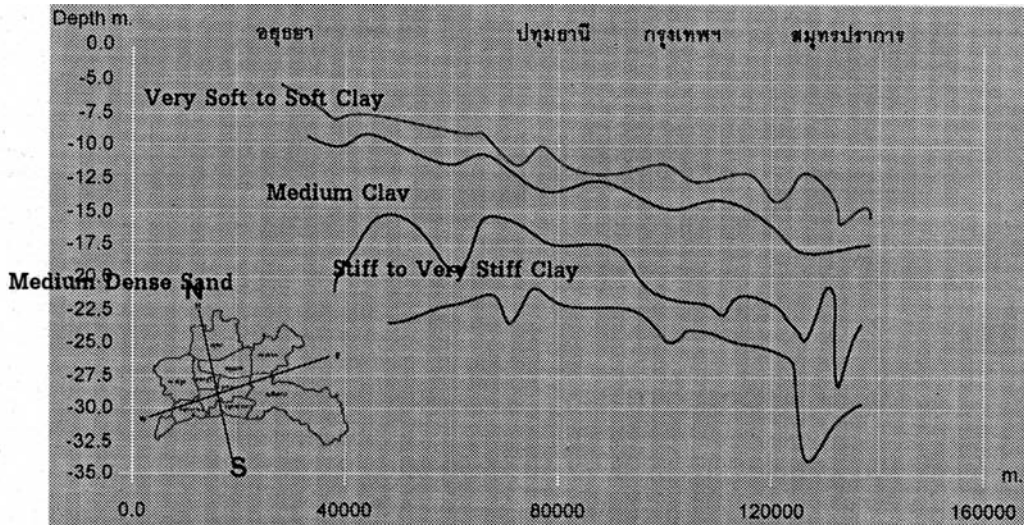
ตารางที่ 4 ความสัมพันธ์ SPT-N Value กับความแข็งแรงของดินเหนียว

SPT-N Value (blows/ft)	Unconfined Compressive Strength, q_u (kN/m ²)	Consistency
< 2	< 25	very soft
2 - 4	25 - 50	soft
4 - 8	50 - 100	medium stiff
8 - 15	100 - 200	stiff
15 - 30	200 - 400	very stiff
> 30	> 400	hard

ที่มา : Terzaghi and Peck (1967)



ภาพที่ 18 แผนที่ความลึกของชั้นดินเหนียวอ่อน (Soft Clay)



ภาพที่ 19 การจัดเรียงตัวของชั้นดินในแนว เหนือ - ใต้

6. สรุป

การพัฒนาฐานข้อมูลชั้นดินในประเทศไทยมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง การจัดเก็บและการวิเคราะห์ที่ไม่สามารถดำเนินการในลักษณะเชิงพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากการจัดเก็บยังคงจัดเก็บในลักษณะเอกสาร (Hard Copy) หรือไฟล์รูปภาพ ปัจจุบันเริ่มมีการประยุกต์นำระบบฐานข้อมูลไปใช้ในการวิเคราะห์สภาพปัญหาเชิงพื้นที่ ทำให้สามารถประเมินผลกระทบของปัญหาต่างๆ ได้ประโยชน์ของฐานข้อมูลดินนั้นควรจำกัดอยู่ในขั้นตอนการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการหรือการมองภาพรวมเพื่อการพัฒนา โดยขั้นการออกแบบรายละเอียดยังจำเป็นต้องทำการเจาะสำรวจชั้นดินในบริเวณพื้นที่โครงการเพื่อการออกแบบที่ปลอดภัย

การรวบรวมและนำเข้าข้อมูลหลุมเจาะสำรวจ จะต้องมีการตรวจสอบข้อมูลไฟล์เอกสาร กกับการนำเข้าฐานข้อมูล รวมถึงเกณฑ์ในการวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือของข้อมูล วิธีในการวิเคราะห์เชิงพื้นที่จะต้องมีการพัฒนาต่อไป ลักษณะการจัดเรียงตัวของชั้นดิน และความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลยังคงมีความต้องการข้อมูลเพิ่มเติมอีกเป็นจำนวนมาก เพื่อให้การวิเคราะห์เชิงพื้นที่ที่มีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น

ประโยชน์จากการมีฐานข้อมูลชั้นดินที่ได้แปลผลในเชิงพื้นที่ได้ถูกชี้ให้เห็นอย่างชัดเจนในบทความนี้ ไม่ว่าจะเป็นประโยชน์ด้านการก่อสร้างการวางแผนโครงสร้างพื้นฐาน การจัดการทรัพยากรธรรมชาติ การจัดการธรณีพิบัติภัย หรือการจัดการสิ่งแวดล้อม ฯลฯ ทั้งนี้ข้อมูลคุณสมบัติดินทางวิศวกรรมและลักษณะชั้นดินเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญอันจะนำไปสู่การวิเคราะห์ต่างๆ ที่ซับซ้อนขึ้นไปและที่สำคัญข้อมูลชั้นดินเชิงพื้นที่ทำให้การบริหารจัดการและการวิเคราะห์ทางวิชาการประสานไปด้วยกันได้เป็นอย่างดี

7. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้เขียนใคร่ขอขอบคุณ ข้อมูลจากกรมโยธาธิการและผังเมือง, กรมทางหลวงชนบท, วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย, มหาวิทยาลัยสยาม, บริษัท วิศวกรรมธรณีและฐานราก จำกัด และบริษัท จีไอ-เทคโนโลยี คอนซัลแตนท์ จำกัด

B. Ussnagnus

- [1] กำธร เติจ๊ะพงษ์. 2529. แผนภูมิชั้นดินกรุงเทพฯ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- [2] กวีวงศ์ คูสุวรรณ. 2530. การประเมินค่าทางสถิติของสมบัติทางวิศวกรรมของชั้นดินกรุงเทพฯ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- [3] กรมทรัพยากรน้ำบาดาล. 2549. โครงการศึกษาการแพร่กระจายของชั้นดินเหนียวเพื่อเป็นแหล่งฝังกลบขยะป้องกันการปนเปื้อนสู่แอ่งน้ำบาดาล (โดยการวิเคราะห์จากคุณสมบัติพื้นฐานทางวิศวกรรม). โดยศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- [4] กรมทรัพยากรธรณี. 2548. โครงการศึกษาและจัดทำมาตรฐานระบบบริการธรณีวิศวกรรม. โดยศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- [5] คมกริช บิดร. 2543. ฐานข้อมูลการสำรวจดินทางวิศวกรรมโดยวิธีระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- [6] คมศิลป์ วัชยาว. 2544. การทำแผนที่ชั้นดินกรุงเทพมหานครโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- [7] วิชาญ ภูพัฒน์. 2546. สภาพทางปฐพีและฐานราก ภาคกลางและกรุงเทพฯ. การสัมมนาวิศวกรรมฐานราก '46. วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, กรุงเทพฯ.
- [8] วสท., 2520. ข้อมูลสภาพดินบริเวณลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง. สหมิตรการพิมพ์, กรุงเทพฯ
- [9] ปณุต สุวรรณวิวัฒนา, 2545. ลักษณะชั้นดินกรุงเทพฯ โดยระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ GRASS. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- [10] สุธรรม ไชจเนเมฆา และ วรากร ไม้เรียง. 2549. Mathematical Model for Prediction Land Subsidence Due to Groundwater Withdrawal. RSID 6 The Sixth Regional Symposium on Infrastructure Development, Bangkok Thailand.
- [11] สุทธิศักดิ์ ศรีลัมพ์, 2548. การแพร่กระจายของชั้นดินเหนียวเพื่อเป็นแหล่งฝังกลบขยะป้องกันการปนเปื้อนสู่แอ่งน้ำบาดาล. การสัมมนาวิชาการเรื่องการอนุรักษ์และฟื้นฟูทรัพยากรน้ำบาดาลและความก้าวหน้า. จ.นครนายก.
- [12] อำนาจ ยานูวิริยะกุล และ สุทธิศักดิ์ ศรีลัมพ์. 2552. การศึกษาพฤติกรรมการตอบสนองของชั้นดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯเนื่องจากแรงแผ่นดินไหว. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 14, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี นครราชสีมา.
- [13] Asian Institute of Technology (AIT). 1978. Appendix 3 Results of Laboratory Test on Subsoils of Bangkok and Adgacent Areas Volume 1. Research Report 1978. Submitted to National Environment Board, Bangkok. 379 p.
- [14] Casagrande, A., 1948. Classification and Identification of Soils, Transactions, ASCE, Vol. 113, 901-930
- [15] Chinkulkijniwat, Ronakit. 1998. Geotechnical data bank for Bangkok subsoil conditions/GIS system. M.S. thesis, A.I.T., Bangkok.
- [16] Chmelina, Klaus. TUNCONSTRUCT: Technology Innovation in Underground Construction. Joint Technical Committee 2 Workshop, September 9th 2006. Available Source: <http://www.dur.ac.uk/geo-engineering/jtc2/>, November 1, 2007
- [17] Dasari, G. R. and S. K. Tang. 2004. Use of Information Technology in Geotechnical Engineering in Singapore. pp. 211-218. ATC 10. Case Histories of Urban Geo-Informatics, International Society of Soil Mechanics and Geotechnical Engineering.
- [18] D. A. Liu. 3D Geology Modelling and Virtual Reality Management Information Systems (VRMIS) Application in China. Joint Technical Committee 2 Workshop, September 9th 2006. Available Source: <http://www.dur.ac.uk/geo-engineering/jtc2/>, November 1, 2007.
- [19] Gangopadhyay, S., T. R. Gautam and A. D. Gupta. 1999. Subsurface Characterization Using Artificial Neural Network and GIS. pp. 153-161. In Journal of Computing in Civil Engineering.
- [20] Hachinohe, S. 2004. An Example of Geotechnical Information System by Saitama Prefecture, Japan. pp. 84-89. ATC 10. Case Histories of Urban Geo-Informatics, International Society of Soil Mechanics and Geotechnical Engineering.
- [21] Jellema, J., T. Hernandez Diaz, P. Peroni, V. Rapsevicius, J. Passmore, D. Capova and T. Mardal. eEarth: Multilingual Access to the European borehole Geo-Data. Joint Technical Committee 2 Workshop, September 9th 2006. Available Source: <http://www.dur.ac.uk/geo-engineering/jtc2/>, November 1, 2007
- [22] Ladd, C.C., and Foott, R., 1974. New design procedure for stability of soft clays., Journal of Geotechnical Engineering Division, ASCE, 100(7), 763-786
- [23] Martin, John and Toll, D. G. Representing Desk Study Data in the Context of GML. Joint Technical Committee 2 Workshop, September 9th 2006. Available Source: <http://www.dur.ac.uk/geo-engineering/jtc2/>, November 1, 2007
- [24] Meyerhof, G. G. 1956. Penetration Tests and Bearing Capacity of Cohesionless Soils. ASCE 82: 1-19.
- [25] PUSSYANAVIN, P., and LEERAKOMSAN, S. 1986. Design and Construction of Bangna-Bangpakong Highway. Proc. Southeast Asian Congress on Roads, Highway, and Bridges. Kuala Lumpur, Malaysia. H1-H28.
- [26] Tanaka, M., S. Sakajo and T. Nishioka. 2004. 3D Stratum Estimation System using Soil Database (Mimeographed).
- [27] Terzaghi, K and R. B. Peck 1967. Soil Mechanics in Engineering Practice. John Wiley & Sons. New York.
- [28] Tsubota, K. and T. Sagae. 2004. Compilation of Geological and Borehole Data in Japan (Preparation of new borehole data book of Osaka Area). pp. 62-69. ATC 10. Case Histories of Urban Geo-Informatics, International Society of Soil Mechanics and Geotechnical Engineering.
- [29] Wakabayashi, R. and T. Okimura. 2004. Outline of the Kobe Jibankun. pp. 97-102. ATC 10. Case Histories of Urban Geo-Informatics, International Society of Soil Mechanics and Geotechnical Engineering.
- [30] Watabe, Y and M. Tanaka. 2004. Geotechnical Database for Port and Airport Construction in Japan. pp. 72-83. ATC 10. Case Histories of Urban Geo-Informatics, International Society of Soil Mechanics and Geotechnical Engineering.