

บทที่ 6

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการวิจัย

- 6.1.1 อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ที่เหมาะสม ในการทำการบำบัดโดยวิธีการทำเสถียรและการทำก้อนแข็ง ของตัวอย่างที่ปนเปื้อนด้วยตะกั่ว คือค่า 2.0 (ที่อายุตัวอย่าง 28 วัน) แต่หากต้องการที่จะรีบใช้งานพื้นที่นั้น ก็ควรเลือกอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ที่ 1.0 (ที่อายุตัวอย่าง 7 วัน) ส่วน อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ที่เหมาะสม ในการบำบัดตัวอย่างที่ปนเปื้อนด้วยเบนซีน คือค่า 1.5 (ที่อายุตัวอย่าง 28 วัน) ซึ่งไม่สามารถใช้ค่าที่อายุ 7 วันได้ เพราะกำลังรับแรงอัดของตัวอย่าง มีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน แต่หากจะพิจารณาแต่เฉพาะความหนาแน่น และความเข้มข้นของสารปนเปื้อนในน้ำชะตัวอย่างแล้ว ที่ทุกอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์สามารถบำบัดตัวอย่างให้มีค่าต่ำกว่ามาตรฐานได้ แต่ทั้งนี้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ที่เหมาะสม ก็ยังขึ้นอยู่กับจุดประสงค์อื่นๆนอกเหนือจากที่ได้กล่าวมาในข้างต้น
- 6.1.2 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์มีความสามารถในการทำเสถียรและการทำก้อนแข็ง กับทรายที่มีการปนเปื้อนของตะกั่วได้ดีมาก จะเห็นได้จากกำลังรับแรงอัดที่มีค่าค่อนข้างสูง (โดยทั่วไปกำลังรับแรงอัดสูงสุดของดินซีเมนต์ มีค่าประมาณ 10 กก./ซม.²) เป็นเพราะอัตราการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันมีค่าสูง ผิดกับทรายที่มีการปนเปื้อนของเบนซีน ค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่ได้มีค่าต่ำกว่าตัวอย่างทรายที่มีการปนเปื้อนของตะกั่วมาก เป็นเพราะอัตราการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันมีค่าต่ำ เพราะสารจำพวกสารอินทรีย์จะรบกวนการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชัน ซึ่งในที่นี้คือเบนซีน แสดงให้เห็นว่าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการบำบัดโดยวิธีการทำเสถียรและการทำก้อนแข็ง ของตัวอย่างที่ปนเปื้อนด้วยสารอินทรีย์ เช่นสารจำพวกโลหะหนัก แต่ไม่เหมาะสมนักที่จะนำมาใช้ในการบำบัดของตัวอย่างที่ปนเปื้อนด้วยสารอินทรีย์ เนื่องจากถ้าหากต้องการให้ได้ค่าของการบำบัดที่ได้ตามมาตรฐาน จะต้องใช้ปูนซีเมนต์ในปริมาณที่สูงกว่าค่าที่ใช้ในการทำวิจัย หรือจำเป็นที่จะต้องใส่สารอื่นผสมเพิ่มไปด้วย เป็นการสิ้นเปลืองจนเกินไป

- 6.1.3 จากคุณสมบัติทางกายภาพของเบนซินนั้นเป็นสารที่มีความดันไอ 76 มม.ปรอท ที่ 20 องศาเซลเซียส ซึ่งมีความสามารถในการระเหยสูงมาก ทำให้มีโอกาสที่เบนซินนั้นจะมีการระเหยไปบ้าง ในขั้นตอนของการผสมเบนซินกับทราย ทำให้ความเข้มข้นของเบนซินในทรายมีค่าลดลงจากค่าเดิม (340 มก./กก.) ซึ่งต่างจากตัวอย่างที่ปนเปื้อนด้วยตะกั่วที่มีความเข้มข้นคงที่ อาจจะทำให้เบนซินระเหยไปกับอากาศจนหมด แต่จากผลการทดลอง ความเข้มข้นของเบนซิน ในน้ำชะตัวอย่าง ไม่ได้มีค่าเป็นศูนย์ แสดงว่าเบนซินไม่ได้ระเหยไปกับอากาศ จนหมด ฉะนั้นการสรุปผลจากตัวอย่างที่ปนเปื้อนเบนซิน ถึงแม้จะไม่ชัดเจนเท่าสรุปผลจากตัวอย่างที่ปนเปื้อนตะกั่ว แต่ก็พอที่จะใช้เป็นแนวทางในการดูความเป็นไปได้ และความสามารถของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ในการบำบัดความปนเปื้อนจากสารอินทรีย์
- 6.1.4 การเปรียบเทียบราคาของการบำบัดแบบทำในพื้นที่ (In-Situ Remediation) กับการบำบัดแบบทำนอกพื้นที่ (Ex-Situ Remediation) จากราคาที่แสดงอยู่ในหัวข้อที่ 5.3.4 นั้น ค่าใช้จ่ายในการบำบัดแบบทำในพื้นที่ ประมาณ 2,160 บาท ต่อดิน 1 ม.³ และค่าใช้จ่ายในการบำบัดแบบทำนอกพื้นที่ ประมาณ 5,632 บาท ต่อดิน 1 ม.³ แสดงให้เห็นว่าราคาของการบำบัดแบบทำในพื้นที่นั้นจะมีค่าต่ำกว่าราคาการบำบัดแบบทำนอกพื้นที่ เพราะการบำบัดแบบทำในพื้นที่จะไม่มีค่าขุดดิน ค่าฝัง และค่าขนส่ง จะมีก็แต่ค่าขนย้ายเครื่องมือที่จะไม่มีในการบำบัดแบบทำนอกพื้นที่ แต่ค่าขนย้ายเครื่องมือ ก็ควรที่จะเสียค่าใช้จ่ายน้อยกว่าค่าขนส่งดินปนเปื้อนแน่นอน

6.2 ข้อเสนอแนะ

- 6.2.1 ในการนำผลจากการวิจัยนี้ ไปประยุกต์ใช้กับพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนจริงนั้นสามารถที่จะทำได้ โดยมีปัจจัยต่างๆที่จำเป็นจะต้องทำการตรวจสอบ เช่น ชนิดของของเสียอันตรายที่ปนเปื้อน ปริมาณความเข้มข้น ลักษณะของของเสียอันตราย ลักษณะของพื้นที่ที่ถูกปนเปื้อน สภาพทางกายภาพ ระดับน้ำใต้ดิน ลักษณะของดินที่ถูกปนเปื้อน และรวมถึงการเคลื่อนที่ของสารปนเปื้อน ทำได้โดยการเจาะสำรวจหลุมตัวอย่างเพื่อทำการวิเคราะห์ และนำปัจจัยต่างๆมาทำการทดลองแบบนำร่อง เพื่อที่จะสามารถกำหนดปริมาณของสารที่ทำหน้าที่เป็นตัวประสาน และกำหนดรูปแบบในการทำงานในสนาม เช่น ต้องตูดึงองค์ประกอบที่

มีผลต่อขนาดของ Jet Grouted Column ทั้งในส่วนของอัตราการผลิตของหัวฉีด อัตราการยกกำลังเจาะ แรงดันน้ำปูนที่ใช้ ระบบการทำเจตเกร้าดิ้ง ว่าเป็นแบบท่อเดี่ยว ท่อคู่ หรือแบบสามท่อ และระยะต่างๆในสนาม ไม่ว่าจะเป็ระยะห่างของ ศูนย์กลาง Jet Grouted Column ระยะทาบของ Jet Grouted Column เป็นต้น ซึ่งการทำงานในสนาม ควรมีการปรึกษากับผู้เชี่ยวชาญด้านการทำเจตเกร้าดิ้ง เพื่อให้ได้การบำบัดที่มีประสิทธิภาพ

- 6.2.2 ในการประยุกต์เอาผลที่ได้จากการวิจัยในพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนจริง โดยการใช้วิธีการ scale up นั้น ไม่ควรที่จะกระทำอย่างยั้ง เนื่องจากสภาพของพื้นที่ต่างๆ มีความแตกต่างกัน แม้จะเป็นดินชนิดเดียวกันก็อาจจะมีลักษณะทางกายภาพอื่นที่แตกต่างกัน รวมไปถึงวิธีการทำงานก็จะให้ผลการบำบัดที่แตกต่าง ฉะนั้นควรที่จะทำการตรวจสอบปัจจัยต่างๆตามข้อที่ 6.2.1 เพราะการบำบัดที่ไม่มีประสิทธิภาพนั้น ไม่เป็นผลดีทั้งในด้านสิ่งแวดล้อม และด้านค่าใช้จ่ายที่สูงเกินไป
- 6.2.3 ในการวิจัยลำดับต่อไปจากการวิจัยครั้งนี้ ควรจะเป็นการปฏิบัติการในพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนจริง หรืออาจจะทดลองใช้วิธีอื่นในการบำบัดแบบทำในพื้นที่ เพื่อเพิ่มทางเลือกในการบำบัดของเสียอันตรายต่อไป
- 6.2.4 การที่จะบำบัดของเสียอันตรายจำพวกสารอินทรีย์ โดยวิธีการทำเสถียรและการทำก้อนแข็งด้วยปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์นั้น ไม่ค่อยจะเหมาะสมนัก แต่หากว่าในพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนของของเสียอันตรายจำพวกสารอินทรีย์ที่มีความเข้มข้นน้อย ประปนอยู่กับของเสียอันตรายจำพวกสารอนินทรีย์ ก็สามารถใช้น้ำปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ในการบำบัดได้ โดยไม่เกิดผลกระทบต่อกำลังรับแรงอัดมากนัก แต่ถ้หากว่าในพื้นที่มีการปนเปื้อนของเสียอันตราย จำพวกสารอินทรีย์ที่มีความเข้มข้นมาก ก็ไม่ควรที่จะใช้วิธีการบำบัดด้วยปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ และเลือกใช้วิธีการบำบัดวิธีอื่นที่มีความเหมาะสมกว่า เช่นหากมีการปนเปื้อนของสารอินทรีย์ ก็ควรใช้วิธี Soil Vapor Extraction จะมีความเหมาะสมกว่า