รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ. รายงานการศึกษาวิจัยโครงการกำจัดกากแร่สังกะสี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2512.

ชยันต์ ไช้ภู่ทอง. ผู้จัดการบริษัท อุตสาหกรรมน้ำมันไทย. สัมภาษณ์, 10 พฤษภาคม 2537.

นฤมิต คินิมาน. การทำตะกอนโลหะหนักจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียซีโอดีให้เป็นก้อน ด้วยปูนซีเมนต์และเถ้าลอยลิกไนต์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2538.

บุญยง โล่ห์วงศ์วัฒน. การจัดการของเสียอันตราย. เอกสารประกอบการเรียนวิชา ENV. IND. TOXIC. ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรมหาวิทยาลัย

ประกาศคณะกรรมการว่าด้วยฉลาก ฉบับที่ 51 (พศ. 2537) เรื่อง กำหนดน้ำมันเกียร์และน้ำมันเครื่องเป็นสินค้าที่ควบคุมฉลาก, 2537. (อัดสำเนา)

รักษพล ชูชาติ. การทำเสถียรกากตะกอนจาโรไซด์ โดยการทำให้เป็นก้อน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัญฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2538.

โรงงานอุตสาหกรรม, กรม. ประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดวิธีการเก็บทำลายฤทธิ์ กำจัด ฝังทิ้งเคลื่อนย้าย และการขนส่งสิ่งปฏิกูล หรือวัสดุหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว (ฉบับที่1) พ.ศ.2531. กระทรวงอุตสาหกรรม, 2531.

โรงงานอุตสาหกรรม, กรม. โรงงานเหล็กประเภท45 (2). กรุงเทพมหานคร : กรมโรงงาน อุตสาหกรรม. 2537. (อัดสำเนา)

วินิจ ช่อวิเชียร. คอนกรีตเทคโนโลยี่. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรมหาวิทยาลัย, 2529.

วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล, "การศึกษาเบื้องต้นของภาพรวมของปัญหาน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้วและแนวทางการแก้ไข," เอกสารในการสัมมนา เรื่องปัญหามลภาวะจากน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วและแนวทางแก้ไข (13 ธันวาคม 2537)

ศักดา วรพิพัฒน์. การทำเสถียรตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียโรงยางแรสังกะสี. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัญฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2538.

สุกัญญา ตั้งศรีพงษ์กูล, "การบำบัดน้ำมันเครื่องที่ใช้แล้วเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ โดยการใช้กรดและดินเหนียว," เอกสารในการสัมมนา เรื่องปัญหามลภาวะจากน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วและแนวทางแก้ไข (13 ธันวาคม 2537)

สมาน ตั้งทองทวี, "ข้อเสนอแนะแนวทางการจัดการน้ำมันเครื่องเก่า," เอกสารในการสัมมนา เรื่องปัญหามลภาวะจากน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วและแนวทางแก้ไข (13 ธันวาคม 2537)

อุตสาหกรรม, กระทรวง. ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 25 (พ. ศ. 2531) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2512 เรื่อง หน้าที่ของผู้รับใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงาน. กระทรวงอุตสาหกรรม, 2531.

ภาษาอังกฤษ

Aamerican Society for testing and Materials. Standard Method of Testing for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2 - in or 50 - mmCube Specimens). ASTM C 109-86, Anual Book of ASTM Standards, Section 4, Vol. 04.02, pp 74-79, 1986.

Barnes, D., Cook, D.J. and Soothill, R. Waste Fixation and Encapsulation. Management of Hazardous, Toxic and Intractable Waste. vol.2, P.F. Greenfieldand D.Barnes Eds., Dept. of Chem.Eng., University of Queenland, and Schoolof Civil Eng., University of New South Wales, Australia, PP. 19.1-19.21, 1979.

Bishop, P.L. Leaching of Inorganic Hazardous Wastes. Hazardous Waste & Hazardous Materials 5 (1988): 129-143. อ้างถึงใน นฤมิต คินิมาน. การทำตะกอนโลหะหนักจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียซีโอดีให้เป็นก้อนด้วยปูนซีเมนต์และเถ้าลอยลิกไนต์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2538.

Cheng, K.Y. & Bishop, P. Metal Distribution in Solidified/ Stabilized Weste Forms after Leaching. Hazardous Waste & Hazardous Materials. 9 (1992) : 163-171.

Claudio,J.R. Solidification of Metal Finishing Slurry with Cement. Wat.Sci.Tech., Vol.24,No.12,pp. 193-200,1991.

Clements, J.A., and Grriffiths, C.M. Solidification process. In A. Porteous (ed.), Harzardous waste management handbok. pp. 146-166. London : Reader In Engineering Machanics Theopen University, 1985.

Jaggi, N.Solidification of Hazardous Wastes Using Cementitious Binders. Thesis No. EV-88- 18 Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand, 1988. อ้างถึงใน ศักดา วรพิพัฒน์. การทำเสถียรตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานแร่สังกะสี. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2538.

Krofchak, D., Solidification of Wastes, Toxic and Harzardous Waste Disposal 2 (1978) : 349-361. อ้างถึงใน ศักดา วรพิพัฒน์. การทำเสถียรตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานแร่สังกะสี. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2538.

Lea, F. and Desch, D. The Cheinistry of Cement and Concreate. St. Martin' Press, Newyork, 1956. อ้างถึงใน นฤมิต คินิมาน. การทำตะกอนโลหะหนักจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียซีโอดีให้เป็นก้อนด้วยปูนซีเมนต์และเถ้าลอยลิกไนต์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2538.

Leangon, K. Solidification of Hazardous Waste By Cement-Based Techniques. Thesis No. EV-93-10 Asean Insititute of Technology, Bangkok, Thailand, 1993.

Mueller Associates, Inc., Waste oil : Reclaiming technology, utilization and disposal. New Jersey : Noyes Data Co., 1987.

Neville, A.M. Properties of Concrete, London. Pitman Publishing Ltd.,1981. อ้างถึงใน รักษพล ชูชาติ. การทำเสถียรกากตะกอนจาโรไซด์โดยการทำให้เป็นก้อน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2538.

Oil-Wastes in Denmark-volume and disposal. Bauer, B; Bruun Hansen, K., Ege Joergensen, C.(Cent. Alternativ. Samfundsanal., Den)

Perket , C . L. and Webster, W . C . , The Dissolution / Leaching Behavior of Metal Hydroxide/Metal Sulfide Sludges from plating Waste Water . Hazardous Waste and Hazardous Materials. 4,(1981) : 325-355.

Pojasek, R.B. Solidification as an Ultimate Disposal Option for Hazardous Waste. In R.B. Pojasek (ed.), Toxic and Harrzardous Waste Disposal, pp. 1-7 Michigan: ann Arbor Science, 1979.

Poon,C.S., Peters, C.J., and Perry, R.Use of Stabilization Processes in the Control of Toxic Waste. Effluent Water Treat. J.23(1983) : 145-159

Recycling Used Lube Oil, View of independent lubricant company, IP Conference on Used Oil Disposal 10 March 1994, London

Rijal, S.P. Solidification of Laboratory Wastes Using Cementitious Binders. Master's Thesis, Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand, 1990. อ้างถึงใน รักษพล ชูชาติ. การทำเสถียรกากตะกอนจาโรไซด์โดยการทำให้เป็นก้อน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2538.

Shin, H.S., Koo, J.K., Kim, J.O. and Yoon, S.P. Leaching Characteristics of Heavy Metal from Solidified Sludge Under Seawater Conditions. Hazardous Waste and Hazardous

Materials. 7 (1990): 261-271. อ้างถึงใน นฤมิต คินิมาน. การทำตะกอนโลหะหนักจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียซีโอดีให้เป็นก้อนด้วยปูนซีเมนต์และเถ้าลอยลิกไนต์ วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2538.

________., and Sujiwatthana, P. Factors Affecting Solidification of Hazardous Materials. Hazardous Waste Detection, Control, Treatment (1988) : 1549-1560.

Shively, W., Bishop, P., Gress, D. and Brown, T. Leaching Tests of Heavy Metals Stabilized with Portland Cement Journal WPEF. 58 (1986) : 234-241.

Shuckrow, A.J., Pajak, A.P., and Touhill, C.J. Hazardous Waste Leachate Management Manual, Park Ridge, N.J. Noyes Data Corporation, 1982.

Sollars. C.J. and Perry, R., Cement-based Stabilization of Wastes: Practica l and Theoretical and Theoretical Considerations. Journal of the Institution of Water and Environment, Management. 3(1989) : 125-131.

Srivastava, A.K. Solidification of Hazardous Waste from Peswticide Industries by Using Cementitious Binders. Thesis No.EV-89-25, Asian Institute ofTechnology, Bangkok, Thailand, 1989.

Sujiwatthana, P. Factors Affecting Solidification of Hazardous Waste Materials Thesis No. EV-8 7-5, Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand, 1987. อ้างถึงใน ศักดา วรพิพัฒน์. การทำเสถียรตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียโรงย่างแร่สังกะสี วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2538.

Thompson, D.W. Malone, P.G., and Jones, L.W. Survey of Available StabilizationTechnology. In R.B. Pojasek (ed.), Toxic an Hazardous Weste Disposal. pp. 9-12. Michigan : Ann Arbor Science, 1979.

U.S. EPA. Test Method for Evaluating Solid Waste, Vol.lc. Laboratory Manual Physical/Chemical Methods. SW-846. Washington D.C. : Office of Solid Waste an Emergency Response, 1986. อ้างถึงใน ศักดา วรพิพัฒน์. การทำเสถียรตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียโรงย่างแร่สังกะสี. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2538.

ภาคผนวก ก

ข้อมูลผลการทดลอง

ตารางที่ ผ1 ปริมาณส่วนผสมโดยน้ำหนักที่ใช้ในการทำขี้เถ้าหลังการเผาที่อุณหภูมิ 400 °ซ ให้เป็นก้อนในการทดสอบสัดส่วนผสมเบื้องต้น

ชนิดและสัดส่วนวัสดุประสาน (ร้อยละ) ต่อน้ำหนักเถ้า	สัดส่วนผสมโดยน้ำหนัก (กรัม)			น้ำต่อวัสดุประสาน*
	ขี้เถ้า	วัสดุประสาน	น้ำที่เติม	
ปูนซีเมนต์				
10	1000	100	400	0.36
20	1000	200	800	0.66
30	1000	300	1200	0.9
ปูนขาว				
10	1000	100	400	0.36
20	1000	200	800	0.66
30	1000	300	1200	0.9
ปูนขาวผสมปูนซีเมนต์ (1:1 โดยน้ำหนัก)				
10	1000	100	400	0.36
20	1000	200	800	0.66
30	1000	300	1200	0.9

หมายเหตุ วัสดุประสาน* หมายถึง ขี้เถ้า + วัสดุประสาน
สำหรับการหล่อก้อนตัวอย่างขนาด 5 x 5 x 5 ลบ.ซม จำนวน 4 ก้อน

ตารางที่ ผ2 ปริมาณส่วนผสมโดยน้ำหนักที่ใช้ในการทำขี้เถ้าหลังการเผาที่อุณหภูมิ 800 °ซ ให้เป็นก้อนในการทดสอบสัดส่วนผสมเบื้องต้น

ชนิดและสัดส่วนวัสดุประสาน (ร้อยละ) ต่อน้ำหนักเถ้า	สัดส่วนผสมโดยน้ำหนัก (กรัม)			น้ำต่อวัสดุประสาน*
	ขี้เถ้า	วัสดุประสาน	น้ำที่เติม	
ปูนซีเมนต์				
10	1000	100	800	0.73
20	1000	200	1600	1.33
30	1000	300	2400	1.85
ปูนขาว				
10	1000	100	800	0.73
20	1000	200	1600	1.33
30	1000	300	2400	1.85
ปูนขาวผสมปูนซีเมนต์ (1:1 โดยน้ำหนัก)				
10	1000	100	800	0.73
20	1000	200	1600	1.33
30	1000	300	2400	1.85

หมายเหตุ วัสดุประสาน* หมายถึง ขี้เถ้า + วัสดุประสาน

สำหรับการหล่อก้อนตัวอย่างขนาด 5 x 5 x 5 ลบ.ซม จำนวน 4 ก้อน

ตารางที่ ผ3 ปริมาณส่วนผสมโดยน้ำหนักที่ใช้ในการทำขี้เถ้าหลังการเผาที่อุณหภูมิ 1200 °ซ ให้เป็นก้อนในการทดสอบสัดส่วนผสมเบื้องต้น

ชนิดและสัดส่วนวัสดุประสาน(ร้อยละ) ต่อน้ำหนักเถ้า	สัดส่วนผสมโดยน้ำหนัก (กรัม)			น้ำต่อวัสดุประสาน*
	ขี้เถ้า	วัสดุประสาน	น้ำที่เติม	
ปูนซีเมนต์				
10	1000	100	280	0.25
20	1000	200	560	0.47
30	1000	300	840	0.65
ปูนขาว				
10	1000	100	280	0.25
20	1000	200	560	0.47
30	1000	300	840	0.65
ปูนขาวผสมปูนซีเมนต์ (1:1 โดยน้ำหนัก)				
10	1000	100	280	0.25
20	1000	200	560	0.47
30	1000	300	840	0.65

หมายเหตุ วัสดุประสาน* หมายถึง ขี้เถ้า + วัสดุประสาน

สำหรับการหล่อก้อนตัวอย่างขนาด 5 x 5 x 5 ลบ.ซม จำนวน 4 ก้อน

ตารางที่ ผ4 กำลังรับแรงอัดของขี้เถ้าหลังการเผาที่อุณหภูมิ 400 °ซ ที่ทำให้เป็นก้อน ด้วยวัสดุประสานชนิดต่างๆ จากการทดสอบสัดส่วนผสมเบื้องต้น

ชนิดและสัดส่วนวัสดุประสาน(ร้อยละ)ต่อน้ำหนักเถ้า	กำลังรับแรงอัด (กก/ตร.ซม)					
	ระยะเวลาบ่ม 7 วัน			ระยะเวลาบ่ม 28 วัน		
	ก้อนที่ 1	ก้อนที่ 2	ค่าเฉลี่ย	ก้อนที่ 1	ก้อนที่ 2	ค่าเฉลี่ย
ปูนซีเมนต์						
10	38.1	45	41.6	58.8	61.6	60.2
20	33.6	26.9	30.3	34	38	36
30	13.2	10.6	11.9	12	15.2	13.6
ปูนขาว						
10	ไม่แข็งตัว	ไม่แข็งตัว	ไม่แข็งตัว	ไม่แข็งตัว	ไม่แข็งตัว	ไม่แข็งตัว
20	10.8	13.1	11.9	9.8	17.5	13.7
30	7.2	5.3	6.2	7	8.9	8
ปูนขาวผสมปูนซีเมนต์ (1:1 โดยน้ำหนัก)						
10	ไม่แข็งตัว	ไม่แข็งตัว	ไม่แข็งตัว	ไม่แข็งตัว	ไม่แข็งตัว	ไม่แข็งตัว
20	23	35.4	29.2	40.5	36.9	38.7
30	12.3	11.8	12.1	17.5	14	15.8

ตารางที่ ผ5 กำลังรับแรงอัดของขี้เถ้าหลังการเผาที่อุณหภูมิ 800 °ซ ที่ทำให้เป็นก้อน ด้วยวัสดุประสานชนิดต่างๆ จากการทดสอบสัดส่วนผสมเบื้องต้น

ชนิดและสัดส่วนวัสดุประสาน(ร้อยละ)ต่อน้ำหนักเถ้า	กำลังรับแรงอัด (กก/ตร.ซม)					
	ระยะเวลาบ่ม 7 วัน			ระยะเวลาบ่ม 28 วัน		
	ก้อนที่ 1	ก้อนที่ 2	ค่าเฉลี่ย	ก้อนที่ 1	ก้อนที่ 2	ค่าเฉลี่ย
ปูนซีเมนต์						
10	35.9	44.1	40	75.9	82.9	79.4
20	27.5	24.7	26.1	24.6	23.5	24.1
30	9.6	11.1	10.3	15.6	15.3	15.4
ปูนขาว						
10	49.3	37.3	43.3	53	54.2	53.6
20	18.9	17.1	18	23.6	21.1	22.31
30	13.5	15.7	14.6	21.1	22.4	21.74
ปูนขาวผสมปูนซีเมนต์ (1:1 โดยน้ำหนัก)						
10	45	45.9	44.9	63	65.8	64.4
20	16.2	17.5	16.9	26.3	28.1	27.2
30	14.6	16.7	15.6	18.6	18.5	18.5

ตารางที่ ผ6 กำลังรับแรงอัดของขี้เถ้าหลังการเผาที่อุณหภูมิ 1200 °ซ ที่ทำให้เป็นก้อน ด้วยวัสดุประสานชนิดต่างๆ จากการทดสอบสัดส่วนผสมเบื้องต้น

ชนิดและสัดส่วนวัสดุประสาน(ร้อยละ) ต่อน้ำหนักเถ้า	กำลังรับแรงอัด (กก/ตร.ซม)					
	ระยะเวลาบ่ม 7 วัน			ระยะเวลาบ่ม 28 วัน		
	ก้อนที่ 1	ก้อนที่ 2	ค่าเฉลี่ย	ก้อนที่ 1	ก้อนที่ 2	ค่าเฉลี่ย
ปูนซีเมนต์						
10	1.6	1.7	1.7	3.7	4.5	4.1
20	14.8	17.4	16.1	19	20.4	19.7
30	27	23	25	33	37	35
ปูนขาว						
10	2.5	2.4	2.4	1.8	2.1	1.9
20	1.7	1.8	1.8	2.8	2.1	2.4
30	ไม่แข็งตัว	ไม่แข็งตัว	ไม่แข็งตัว	ไม่แข็งตัว	ไม่แข็งตัว	ไม่แข็งตัว
ปูนขาวผสมปูนซีเมนต์ (1:1 โดยน้ำหนัก)						
10	0.7	0.9	0.8	2.2	2	2.1
20	5.3	6.2	5.7	16.3	15.4	15.9
30	12.8	10.6	11.7	19.5	30.5	25

ตารางที่ ผ7 ปริมาณส่วนผสมโดยน้ำหนักที่ใช้ในการทำขี้เถ้าหลังการเผาที่อุณหภูมิ 400 °ซ ให้เป็นก้อนในการทดสอบสัดส่วนสัดส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุด

ปริมาณปูนซีเมนต์ (ร้อยละ) ต่อน้ำหนักเถ้า	สัดส่วนผสมโดยน้ำหนัก (กรัม)			น้ำต่อวัสดุประสาน
	ขี้เถ้า	ปูนซีเมนต์	น้ำที่เติม	
3	1000	30	120	0.1
6	1000	60	240	0.22
9	1000	90	360	0.33
10	1000	100	400	0.36

ตารางที่ ผ8 ปริมาณส่วนผสมโดยน้ำหนักที่ใช้ในการทำขี้เถ้าหลังการเผาที่อุณหภูมิ 800 °ซ ให้เป็นก้อนในการทดสอบสัดส่วนสัดส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุด

ปริมาณปูนขาวผสมปูนซีเมนต์(ร้อยละ) ต่อน้ำหนักเถ้า	สัดส่วนผสมโดยน้ำหนัก (กรัม)			น้ำต่อวัสดุประสาน
	ขี้เถ้า	ปูนขาวผสมปูนซีเมนต์	น้ำที่เติม	
3	1000	30	240	0.23
6	1000	60	480	0.45
9	1000	90	720	0.66
10	1000	100	800	0.73

ตารางที่ ผ9 ปริมาณส่วนผสมโดยน้ำหนักที่ใช้ในการทำขี้เถ้าหลังการเผาที่อุณหภูมิ 1200 °ซ ให้เป็นก้อนในการทดสอบสัดส่วนสัดส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุด

ปริมาณปูนซีเมนต์ (ร้อยละ)ต่อน้ำหนักเถ้า	สัดส่วนผสมโดยน้ำหนัก (กรัม)			น้ำต่อวัสดุประสาน
	ขี้เถ้า	ปูนซีเมนต์	น้ำที่เติม	
13	1000	130	364	0.32
16	1000	160	448	0.39
19	1000	190	532	0.45
20	1000	200	560	0.47

ตารางที่ ผ 10 กำลังรับแรงอัดและความหนาแน่นของขี้เถ้าหลังการเผาที่อุณหภูมิ 400 °ซ ที่ทำให้เป็นก้อนด้วยปูนซีเมนต์ จากขั้นตอนการทดสอบสัดส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุด

สัดส่วนผสมปูนซีเมนต์ต่อขี้เถ้า(ร้อยละ)ต่อน้ำหนักเถ้า	กำลังรับแรงอัด(กก/ตร.ซม)		ความหนาแน่น(ตัน/ลบ.ซม)	
	7 วัน	28วัน	7 วัน	28วัน
3	2.2	3.5	1.28	1.47
	1.8	2.5	1.36	1.43
6	11.5	13	1.35	1.48
	8.5	11	1.31	1.46
9	33.5	44.8	1.35	1.49
	26.5	39.2	1.29	1.43
10	38.1	58.8	1.39	1.48
	45	61.1	1.43	1.49

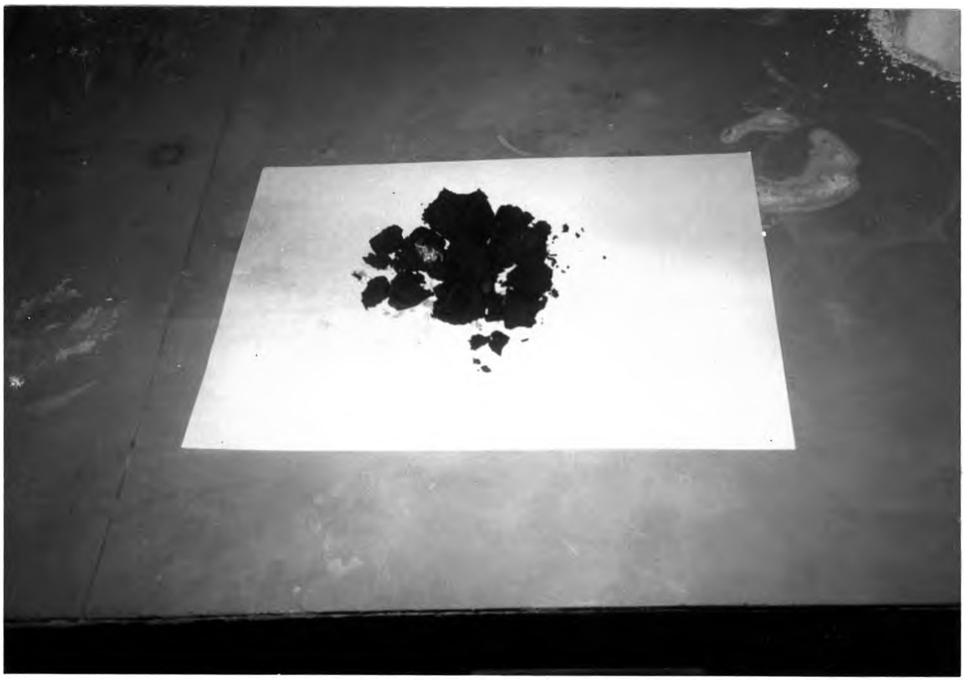
ตารางที่ ผ 11 กำลังรับแรงอัดและความหนาแน่นของขี้เถ้าหลังการเผาที่อุณหภูมิ 800 °ซ ที่ทำให้เป็นก้อนด้วยปูนขาวผสมปูนซีเมนต์ จากขั้นตอนการทดสอบสัดส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุด

สัดส่วนผสมปูนขาวผสมปูนซีเมนต์ต่อขี้เถ้า(ร้อยละ)ต่อน้ำหนักเถ้า	กำลังรับแรงอัด(กก/ตร.ซม)		ความหนาแน่น(ตัน/ลบ.ซม)	
	7 วัน	28วัน	7 วัน	28วัน
3	1.2	1.6	1.26	0.76
	1.7	2	1.36	0.78
6	2.8	3.7	1.34	0.79
	2.7	4.4	1.33	0.78
9	10.8	14.5	1.49	1.04
	28.7	21.8	1.51	1.06
10	45	63	1.5	1.07
	45.9	65.8	1.51	1.06

ตารางที่ ผ 12 กำลังรับแรงอัดและความหนาแน่นของขี้เถ้าหลังการเผาที่อุณหภูมิ 1200 °ซ ที่ทำให้เป็นก้อนด้วยปูนซีเมนต์ จากขั้นตอนการทดสอบสัดส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุด

สัดส่วนผสมปูนซีเมนต์ต่อขี้เถ้า(ร้อยละ)ต่อน้ำหนักเถ้า	กำลังรับแรงอัด(กก/ตร.ซม)		ความหนาแน่น(ตัน/ลบ.ซม)	
	7 วัน	28วัน	7 วัน	28วัน
13	1.9	3.2	1.26	1.59
	2.1	2.8	1.38	1.43
16	5.8	8.5	1.38	1.44
	6.2	7.5	1.28	1.36
19	15.6	20	1.37	1.63
	16.4	19.4	1.27	1.44
20	14.8	19	1.35	1.55
	17.4	20.4	1.33	1.56

ภาคผนวก ข
ภาพถ่ายก้อนตัวอย่าง



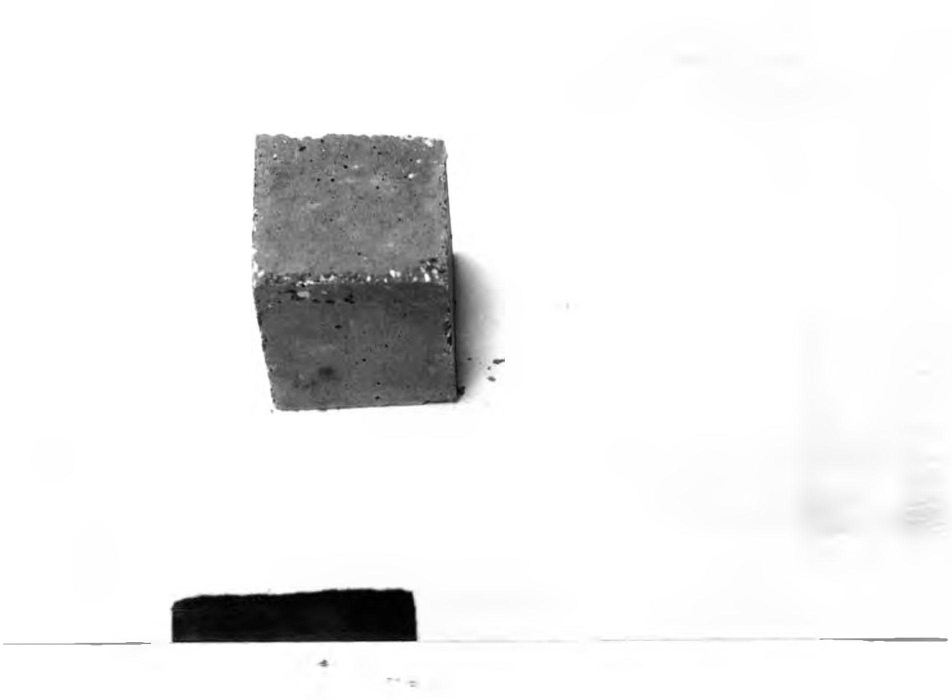
รูปที่ ผ1 กากตะกอนดิบ

รูปที่ ผ2 ขี้เถ้าหลังการเผาที่อุณหภูมิ 400 °ซ

รูปที่ ผ3 ขี้เถ้าหลังการเผาที่อุณหภูมิ 800 °ซ

รูปที่ ผ4 ขี้เถ้าหลังการเผาที่อุณหภูมิ 1200 °ซ

รูปที่ ผ5 ขี้เถ้าหลังการเผาที่อุณหภูมิ 400 °ซ ที่ทำให้เป็นก้อน
ด้วยปูนซีเมนต์ ร้อยละ 9 โดยน้ำหนักเถ้า



รูปที่ ผ6 ขี้เถ้าหลังการเผาที่อุณหภูมิ 800 °ซ ที่ทำให้เป็นก้อน
ด้วยปูนขาวผสมปูนซีเมนต์ ร้อยละ 9 โดยน้ำหนักเถ้า

รูปที่ ผ7 ขี้เถ้าหลังการเผาที่อุณหภูมิ 1200 °ซ ที่ทำให้เป็นก้อน
ด้วยปูนซีเมนต์ร้อยละ 19 โดยน้ำหนักเถ้า

ภาคผนวก ค

รายการคำนวณ

<u>การประมาณค่าใช้จ่ายในการกำจัดกากตะกอนดิบ</u>

ในการผลิตน้ำมันเครื่องพื้นฐาน 5 ตัน เกิดกากตะกอนดิบ 1.5 ตัน เป้าหมายในปี 2538 คือ น้ำมันเครื่องพื้นฐาน 720 ตันต่อปี จะเกิดกากตะกอนดิบที่ต้องนำไปกำจัด เท่ากับ 720/ 5 = 216 ตันต่อปี

ค่าใช้จ่ายในการกำจัดกากตะกอนดิบสามารถกำหนดได้ดังนี้

1. ค่าบริการส่งของเสียจากโรงงาน
2. ค่าใช้จ่ายในการเผา
3. ค่าใช้จ่ายในการทำให้เป็นก้อน
4. ค่าขนส่งและขนย้ายไปยังหลุมฝังกลบ
5. ค่าฝังกลบ

1. <u>ค่าบริการส่งของเสียจากโรงงาน</u>

อัตราขนส่งเท่ากับ 2.5 บาท/ตัน/กิโลเมตร (ใช้อัตราของเจนโก้)
ระยะทางจากโรงงานฯถึงแสมดำ เท่ากับ 20 กิโลเมตร
ค่าขนส่ง ไป-กลับ เท่ากับ 2.5 x 20 x 2 = 100 บาทต่อตัน

2. <u>ค่าใช้จ่ายในการเผา</u>

เผาที่อุณหภูมิ 400 °ซ = 3,500 บาทต่อตันกากตะกอนดิบ (ใช้อัตราของนิคมฯ บางพลี)
เผาที่อุณหภูมิ 800 °ซ = 4,000 บาทต่อตันกากตะกอนดิบ
เผาที่อุณหภูมิ 1200 °ซ = 5,500 บาทต่อตันกากตะกอนดิบ

3. <u>ค่าใช้จ่ายในการทำให้เป็นก้อน</u>

- ค่าวัสดุ
- ค่าแรงงาน

3.1 ขี้เถ้าหลังการเผาที่อุณหภูมิ 400 °ซ

ปริมาณปูนซีเมนต์ที่ใช้เท่ากับ ร้อยละ 7 ต่อน้ำหนักเถ้า
ปริมาณกากตะกอนดิบ 1 ตัน หลังเผาที่อุณหภูมิ 400 °ซ เกิดขี้เถ้า 0.7 ตัน
ราคาปูนซีเมนต์ตามท้องตลาดเท่ากับ 1,850 บาทต่อตัน

ปริมาณปูนซีเมนต์ที่ใช้	= 0.7 x 0.07	= 0.049 ตันต่อตันกากตะกอนดิบ
ค่าใช้จ่ายสำหรับปูนซีเมนต์	= 0.049 x 1850	= 90.7 บาทต่อตันกากตะกอนดิบ
ค่าแรงร้อยละ 20 ของราคาวัสดุ	= 0.2 x 90.7	= 18 บาทต่อตันกากตะกอนดิบ
รวมค่าใช้จ่ายในการทำเป็นก้อน	= 90.7 + 18	= 108.7 บาทต่อตันกากตะกอนดิบ

3.2 ขี้เถ้าหลังการเผาที่อุณหภูมิ 800 °ซ

ปริมาณปูนขาวผสมปูนซีเมนต์ (1:1 โดยน้ำหนัก)ที่ใช้ เท่ากับร้อยละ 9 ต่อน้ำหนักเถ้า
กากตะกอนดิบ 1 ตัน หลังการเผาที่อุณหภูมิ 800 °ซ เกิดขี้เถ้า 0.64 ตัน

ปริมาณปูนขาวและปูนซีเมนต์ที่ใช้	= 0.64 x 0.09	= 0.0576 ตันต่อตันกากตะกอนดิบ

คิดเป็นปริมาณปูนขาวและปูนซีเมนต์เท่ากัน คือ 0.0288 ตัน
ราคาปูนขาวตามท้องตลาดเท่ากับ 1,400 บาทต่อตัน
ราคาปูนซีเมนต์ตามท้องตลาดเท่ากับ 1,850 บาทต่อตัน

ค่าใช้จ่ายสำหรับปูนขาวและปูนซีเมนต์	= 0.0288 (1400+1850)	= 93.6 บาทต่อตันกากตะกอนดิบ
ค่าแรงร้อยละ 20 ของราคาวัสดุ	= 0.2 x 93.6	= 18.7 บาทต่อตันกากตะกอนดิบ
รวมค่าใช้จ่ายในการทำให้เป็นก้อน	= 93.6 + 18.7	= 112.3 บาทต่อตักกากตะกอนดิบ

3.3 ขี้เถ้าหลังการเผาที่อุณหภูมิ 1200 °ซ

ปริมาณปูนซีเมนต์ที่ใช้เท่ากับ ร้อยละ 19 ต่อน้ำหนักเถ้า
ปริมาณกากตะกอนดิบ 1 ตัน หลังเผาที่อุณหภูมิ 1200 °ซ เกิดขี้เถ้า 0.63 ตัน
ราคาปูนซีเมนต์ตามท้องตลาดเท่ากับ 1,850 บาทต่อตัน

ปริมาณปูนซีเมนต์ที่ใช้	= 0.63 x 0.19	= 0.12 ตันต่อตันกากตะกอนดิบ
ค่าใช้จ่ายสำหรับปูนซีเมนต์	= 0.12 x 1850	= 222 บาทต่อตันกากตะกอนดิบ
ค่าแรงร้อยละ 20 ของราคาวัสดุ	= 0.2 x 222	= 44.4 บาทต่อตันกากตะกอนดิบ
รวมค่าใช้จ่ายในการทำเป็นก้อน	= 222 + 44.4	= 266.4 บาทต่อตันกากตะกอนดิบ

4. คาขนสงและขนยายไปยังหลุมฝังกลบ

อัตราขนส่งและขนย้ายซึ่งทางเจนโก้เป็นผู้กำหนด ดังนี้
อัตราขนส่งเท่ากับ 140 บาทต่อตันบรรทุก
อัตราขนย้ายเท่ากับ 250 บาทต่อตันบรรทุก

4.1 ขี้เถ้าหลังการเผาที่อุณหภูมิ 400 ^{o}ซ

กากตะกอนดิบ 1 ตัน หลังเผาได้ขี้เถ้า 0.7 ตัน และเมื่อทำการผสมปูนซีเมนต์ 0.049 ตัน
ได้ก้อนแข็งหนัก = 0.71 + 0.049 = 0.75 ตัน
ดังนั้นค่าขนส่งและขนย้าย = 0.75 (140+250) = 292.5 บาทต่อตันกากตะกอนดิบ

4.2 ขี้เถ้าหลังการเผาที่อุณหภูมิ 800 ^{o}ซ

กากตะกอนดิบ 1 ตัน หลังเผาได้ขี้เถ้า 0.64 ตัน และผสมกับปูนขาวปนปูนซีเมนต์หนัก 0.0576 ตัน
ได้ก้อนแข็งหนัก = 0.64 + 0.0576 = 0.69 ตัน
ดังนั้นค่าขนส่งและขนย้าย = 0.7(140+250) = 273 บาทต่อตันกากตะกอนดิบ

4.3 ขี้เถ้าหลังการเผาที่อุณหภูมิ 1200 ^{o}ซ

กากตะกอนดิบ 1 ตัน หลังเผาได้ขี้เถ้า 0.63 ตัน และเมื่อทำการผสมปูนซีเมนต์ 0.12 ตัน
ได้ก้อนแข็งหนัก = 0.63 + 0.12 = 0.75 ตัน
ดังนั้นค่าขนส่งและขนย้าย = 0.75 (140+250) = 292.5 บาทต่อตันกากตะกอนดิบ

5. ค่าฝังกลบ

ในที่นี้ไม่คิดค่าที่ดิน

VCF =Ws/WrxDr/Ds โดยที่

VCF =ปัจจัยการเปลี่ยนแปลงปริมาตร
Wr = น้ำหนักของขี้เถ้าที่ใช้ (ตัน)

Ws = น้ำหนักของขี้เถ้าที่ทำให้เป็นก้อน (Wr+น้ำหนักของวัสดุประสาน) (ตัน)

Dr = ความหนาแน่นรวมของขี้เถ้า (ตันต่อลบ.ม.)

Ds = ความหนาแน่นรวมของขี้เถ้าที่ทำให้เป็นก้อน (ตันต่อลบ.ม)

ตารางที่ 5.15 ค่าปัจจัยการเปลี่ยนแปลงปริมาตรของขี้เถ้าทั้ง 3 ประเภท

ประเภทของขี้เถ้า	Wr (ตัน)	Ws (ตัน)	Dr (ตัน/ลบ.ม)	Ds (ตัน/ลบ.ม)	VCF
ขี้เถ้าหลังการเผาที่ 400 °ซ	0.7	0.75	0.79	1.32	0.64
ขี้เถ้าหลังการเผาที่ 800 °ซ	0.64	0.7	0.75	1.5	0.55
ขี้เถ้าหลังการเผาที่ 1200 °ซ	0.63	0.75	1.36	1.32	1.23

5.1 <u>ขี้เถ้าหลังการเผาที่อุณหภูมิ 400 °ซ</u>

VCF = 0.64 หมายความว่า หลังการทำเป็นก้อนปริมาตรลดลง 0.64 เท่า

อัตราการเกิดกากตะกอนดิบ 216 ตันต่อปี หรือ เท่ากับ 216/1.1 = 196.36 ลบ.ม/ปี

หลังเผาที่อุณหภูมิ 400 °ซ ได้ขี้เถ้า 216 x 0.7 = 151.2 ตัน/ปี

หรือ 151.2/1.32 = 191.39 ลบ.ม/ปี

เมื่อทำเป็นก้อนได้ปริมาตร 191.39 x 0.64 = 122.5 ลบ.ม/ปี

ดังนั้นเตรียมหลุมฝังกลบปริมาตร 122.5 ลบ..ม เพื่อฝังกลบเป็นเวลา 1 ปี

กำหนด : หลุมฝังกลบเป็นรูปสี่เหลี่ยมจตุรัส , ลึก 5 ม. , ขอบหลุมมีความชัน 1:1

1. พื้นที่ก้นหลุม = 122.5/5 = 24.5 ตร.ม

   กำหนดให้พื้นที่ก้นหลุม = 5 x 5 = 25 ตร.ม

2. พื้นที่ขอบ 4 ด้าน = 4 [0.5 (5+15) x 5$\sqrt{2}$] = 282.8 ตร.ม

ดังนั้น พื้นที่ ที่ต้องปูแผ่นพีวีซี = 25 + 282.8 = 307.8 ตร.ม

อัตราค่าขุดดินและขนย้าย = 45 บาท/ลบ.ม

ค่าปูแผ่นพีวีซีพร้อมทำฐานรองรับ = 220 บาท/ตร.ม

ดังนั้นในการเตรียมหลุมฝังกลบสำหรับระยะเวลา 1 ปี

เสียค่าใช้จ่าย เท่ากับ (122.5 x 45)+(307.8 x 220) = 73,228.5 บาท/ปี

หรือ 73,228.5/216 = 339 บาท/ตันกากตะกอนดิบ

5.2 ขี้เถ้าหลังการเผาที่อุณหภูมิ 800 °ซ

VCF = 0.55 หมายความว่า หลังการทำเป็นก้อนปริมาตรลดลง 0.55 เท่า

อัตราการเกิดกากตะกอนดิบ 216 ตันต่อปี หรือเท่ากับ 216/1.1 = 196.36 ลบ.ม/ปี

หลังเผาที่อุณหภูมิ 800 °ซ ได้ขี้เถ้า 216 x 0.64 = 138.24 ตัน/ปี

หรือ 138.24/0.75 = 184.32 ลบ.ม/ปี

เมื่อทำเป็นก้อนได้ปริมาตร 184.32 x 0.55 = 101.38 ลบ.ม/ปี

ดังนั้น เตรียมหลุมฝังกลบปริมาตร 101.38 ลบ.ม เพื่อฝังกลบเป็นเวลา 1 ปี

กำหนด : หลุมฝังกลบเป็นรูปสี่เหลี่ยมจตุรัส , ลึก 5 ม. , ขอบหลุมมีความชัน 1:1

1. พื้นที่ก้นหลุม = 101.38/5 = 20.28 ตร.ม

   กำหนดให้พื้นที่ก้นหลุม = 4.5 x 4.5 = 20.25 ตร.ม

2. พื้นที่ขอบ 4 ด้าน = $4[0.5(4.5+14.5) \times 5 \times \sqrt{2}]$ = 268.7 ตร.ม

ดังนั้น พื้นที่ที่ต้องปูแผ่นพีวีซี = 20.25+268.7 = 289 ตร.ม

ค่าขุดดินและขนย้าย = 45 บาท/ลบ.ม

ค่าปูแผ่นพีวีซีพร้อมทำฐานรองรับ = 220 บาท/ตร.ม

ดังนั้น ในการเตรียมหลุมฝังกลบสำหรับระยะเวลา 1 ปี

เสียค่าใช้จ่ายเท่ากับ (101.38 x 45) + (289 x 220) = 68,142 บาท/ปี

หรือ 68,142/216 = 315.5 บาท/ตันกากตะกอนดิบ

5.3 ขี้เถ้าหลังการเผาที่อุณหภูมิ 1200 °ซ

VCF = 1.23 หมายความว่า หลังการทำเป็นก้อนปริมาตรเพิ่มขึ้น 1.23 เท่า

อัตราการเกิดกากตะกอนดิบ 216 ตันต่อปี หรือเท่ากับ 216/1.1 = 196.36 ลบ.ม/ปี

หลังเผาที่อุณหภูมิ 1200 °ซ ได้ขี้เถ้า 216 x 0.63 = 136.1 ตัน/ปี

หรือ 136.1/1.36 = 100 ลบ.ม/ปี

เมื่อทำเป็นก้อนได้ปริมาตร 100 x 1.23 = 123 ลบ.ม/ปี

ดังนั้น เตรียมหลุมฝังกลบปริมาตร 123 ลบ.ม เพื่อฝังกลบเป็นเวลา 1 ปี

กำหนด : หลุมฝังกลบเป็นรูปสี่เหลี่ยมจตุรัส , ลึก 5 ม. , ขอบหลุมมีความชัน 1:1

1. พื้นที่ก้นหลุม = 123/5 = 24.6 ตร.ม

   กำหนดให้พื้นที่ก้นหลุม = 5 x 5 = 25 ตร.ม

2. พื้นที่ขอบ 4 ด้าน = $4[0.5(5+15) \times 5 \times \sqrt{2}]$ = 282.8 ตร.ม

ดังนั้น พื้นที่ที่ต้องปูแผ่นพีวีซี = 25 + 282.8 = 307.8 ตร.ม

ค่าขุดดินและขนย้าย = 45 บาท/ลบ.ม

ค่าปูแผ่นพีวีซีพร้อมทำฐานรองรับ = 220 บาท/ตร.ม

ดังนั้น ในการเตรียมหลุมฝังกลบสำหรับระยะเวลา 1 ปี

เสียค่าใช้จ่ายเท่ากับ (123 x 45) + (307.8 x 220) = 73,251 บาท/ปี

หรือ 73,251/216 = 339 บาท/ตันกากตะกอนดิบ

ตารางที่ 5.16 ค่าใช้จ่ายในการกำจัดกากตะกอนดิบ

อุณหภูมิที่ใช้ในการเผา	ค่าบริการขนส่งจากโรงงาน (บาทต่อตันกากตะกอนดิบ)	ค่าใช้จ่ายในการเผา (บาทต่อตันกากตะกอนดิบ)	ค่าทำให้เป็นก้อน (บาทต่อตันกากตะกอนดิบ)	ค่าขนส่งและขนย้ายไปหลุมฝังกลบ (บาทต่อตันกากตะกอนดิบ)	ค่าฝังกลบ (บาทต่อตันกากตะกอนดิบ)	ค่าใช้จ่ายทั้งหมด (บาทต่อตันกากตะกอนดิบ)
400 °ซ	100	3,500	108.7	292.4	339	4,340.2
800 °ซ	100	4,000	112.3	273	315.5	4,800.8
1200 °ซ	100	5,500	266.4	292.5	339	6,498

6. <u>ค่าใช้จ่ายในการกำจัดกากตะกอนดิบต่อหน่วยการผลิต</u>

ในการผลิตน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน 1 ตัน เกิดกากตะกอนดิบ 0.3 ตัน

ค่าใช้จ่ายในการกำจักกากตะกอนดิบ

เมื่อเผาที่อุณหภูมิ 400 °ซ ; 4,340.2 x 0.3 = 1,302.1 บาทต่อตันน้ำมันเครื่องพื้นฐาน

800 °ซ ; 4,800.8 x 0.3 = 1,440.2 บาทต่อตันน้ำมันเครื่องพื้นฐาน

1200 °ซ ; 6,498 x 0.3 = 1,949.4 บาทต่อตันน้ำมันเครื่องพื้นฐาน

ราคาน้ำมันเครื่องพื้นฐานตามท้องตลาดราคา 8,000 บาทต่อตัน

กำลังการผลิตของบริษัทฯ เท่ากับ 720 ตันต่อปี

ดังนั้นยอดขายต่อปี เท่ากับ 8,000 x 720 = 5.76 ล้านบาท

<u>ค่าใช้จ่ายในการกำจัดกากตะกอนดิบ</u>

เมื่อเผาที่อุณหภูมิ 400 °ซ ; 1,302.1 x 720 = 937,483 บาทต่อปี

800 °ซ ;	1,440.2 x 720	=	1,036,944	บาทต่อปี
1200 °ซ ;	1,949.4x720	=	1,403,568	บาทต่อปี

<u>ค่าใช้จ่ายในการกำจัดกากตะกอนดิบ(ร้อยละ)เทียบกับยอดขาย</u>

เมื่อเผาที่อุณหภูมิ	400 °ซ ;	937,483 x 100/ [$5.76x 10^{6}$]	=	16.3
	800 °ซ ;	1,036,944 x 100/ [$5.76x 10^{6}$]	=	18
	1200 °ซ ;	1,403,568 x 100/ [$5.76x 10^{6}$]	=	24.4

ภาคผนวก ง

วิธีมาตรฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์

Compressive Strength of Hydraulic Cement มอร์ตาร์

(Using 2 in or 50 mm cube specimens) ASTM C 109-86

วัตถุประสงค์

เพื่อหาค่ากำลังรับแรงอัดของมอร์ตาร์โดยใช้แบบหล่อแท่งตัวอย่างขนาดลูกบาศก์ 2 นิ้ว หรือ 50 มม.

อุปกรณ์

1. ตราชั่ง 2000 กรัม อ่านได้ละเอียด 0.2 กรัม
2. กระบอกตวง 500 มิลลิลิตร อ่านได้ละเอียด 10 มิลลิลิตร และ 500 มิลลิลิตร อ่านได้ละเอียด 25 มิลลิลิตร
3. แบบหล่อตัวอย่างขนาดลูกบาศก์ 2 นิ้ว หรือ 50 มม.
4. เครื่องผสมตามมาตรฐาน C 305
5. อุปกรณ์ flow table ตามมาตรฐาน C 230
6. Tamper ทำด้วยยางแข็ง หรือไม้โอ๊ก(OAK)ที่แช่ในพาราฟินประมาณ 15 นาที ที่อุณหภูมิ 200 °ซ มีขนาดหน้าตัด 1/2 x 1 นิ้ว มีความยาว 5-6 นิ้ว ปลายตัดเรียบตั้งฉากกับแกนจับ
7. เกรียงเหล็กมีหน้ากว้างของใบ 4-6 นิ้ว
8. Testing Machine มีความถูกต้องในการอ่านค่าแรงที่กดได้ ± 1% ของค่าแรงสูงสุด

ทราย

ตามมาตรฐาน C 778

อุณหภูมิและความชื้น

1. อุณหภูมิของอุปกรณ์และบริเวณที่จะทำการทดสอบอยู่ในช่วง 20-27.5 °ซ
2. อุณหภูมิของน้ำใช้ในการผสมมอร์ตาร์ 23 ± 1.7 °ซ
3. ความชื้นสัมพัทธ์ในขณะเตรียมตัวอย่างต้องไม่น้อยกว่า 50 %
4. ความชื้นสัมพัทธ์ของที่บ่มตัวอย่างไม่น้อยกว่า 95 %

จำนวนตัวอย่างที่ใช้อย่าง 3 ตัวอย่างในการทดสอบแต่ละครั้ง

การเตรียมแบบหล่อตัวอย่าง

1. ทาน้ำมันบางๆที่ผิวด้านในของแบบหล่อกับฐาน
2. ทาน้ำมันชนิดข้นหรือจารบีระหว่างตัวแบบหล่อกับฐาน
3. เช็ดน้ำมันส่วนเกินออกจากแบบหล่อ
4. ใช้จารบีทารอยต่อระหว่างแบบหล่อกับฐานที่ด้านนอก

หมายเหตุ ในงานวิจัยนี้ ก้อนตัวอย่างหลังจากทำการทดสอบหาค่ากำลังรับแรงอัดแล้ว จะต้องนำไปทำการสกัดเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักและคุณสมบัติอื่นๆ ดังนั้นในขั้นตอนการเตรียมแบบหล่อตัวอย่าง จึงไม่ทาน้ำมันเคลือบผิวด้านในของแบบหล่อ

วิธีการทดสอบ

1. องค์ประกอบของมอร์ตาร์

ประกอบด้วยอัตราส่วนซีเมนต์ต่อทราย 1: 2.75 โดยใช้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.485 สำหรับซีเมนต์ปกติ และ 0.460 สำหรับซีเมนต์กระจายฟองอากาศ โดยจะควบคุมค่า Flow จาก Flow table ให้อยู่ระหว่าง 100 ± 5

2. การทดสอบก้อนตัวอย่าง

ปล่อยมอร์ตาร์ทิ้งไว้เป็นเวลา 90 วินาที หลังจากผสมแล้วลงใน 15 วินาที สุดท้าย ให้ปาดมอร์ตาร์ที่ติดอยู่ขอบๆถ้วยผสมลงและหมุนเครื่องผสมต่อไปอีก 15 วินาที ด้วยความเร็วรอบปานกลาง หลังจากนั้นถอดใบกวนที่ใช้ในการผสมออกพร้อมกับเขย่าให้มอร์ตาร์ที่ติดอยู่กับใบกวนลงไปในถ้วยผสม

การหล่อตัวอย่างต้องหล่อให้เสร็จภายในเวลาไม่เกิน 2 นาที และ 30 วินาที หลังจากผสมเสร็จ การหล่อจะแบ่งเป็น 2 ชั้น โดยชั้นแรกจะหนาประมาณ 1 นิ้ว หรือ 25 มม. แล้วใช้ Tamper กระทุ้งชั้นละ 16 ครั้ง โดย 8 ครั้งแรกจะมีทิศทางตั้งฉากกับ 8 ครั้งหลัง ให้ใช้แรงกระทุ้งพอประมาณและเท่ากันตลอด การเติมมอร์ตาร์ครั้งที่ 2 ให้เลยขอบแบบหล่อเล็กน้อยและใช้มือป้องขณะกระทุ้งเช่นเดียวกับชั้นแรก เมื่อเสร็จแล้วให้ใช้เกรียงปาดมอร์ตาร์ส่วนเกินออกในลักษณะคล้ายเลื่อย

3. <u>การบ่มตัวอย่าง</u>

หลังจากหล่อเสร็จให้นำตัวอย่างพร้อมแบบหล่อเก็บไว้ในที่ชื้นทันที และถอดแบบในเวลา 20-24 ชม. หลังจาก 24 ชม. แล้วให้แช่ตัวอย่างในสารละลาย Saturated lime water ยกเว้นในกรณีจะทดสอบที่ 24 ชม. และการควบคุมอุณหภูมิของสารละลายให้อยู่ระหว่าง 23 ± 1.7 °ซ

4. <u>การหาค่ากำลังรับแรงอัด</u>

ให้กระทำในช่วงเวลาคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้

เวลาที่ทดสอบ	ช่วงเวลาคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้
1 วัน	± 1/2 ชม.
3 วัน	± 1 ชม.
7 วัน	± 3 ชม.
28 วัน	± 12 ชม.

นำก้อนตัวอย่างที่จะทดสอบ วัดพื้นที่หน้าตัดที่จะให้แรงกด โดยใช้ด้านที่สัมผัสกับแบบหล่อเช็ดผิวหน้าทั้ง 2 ด้าน ให้สะอาดปราศจากเม็ดทราย การให้แรงกดผิวหน้าของเครื่องมือทั้ง 2 ด้านที่สัมผัสกับก้อนตัวอย่างจะต้องเรียบและมี ball ติดตั้งอยู่ด้านบนของ Top Plate ในการให้แรงกดกับแท่งตัวอย่าง จะต้องอยู่ในแนวศูนย์กลางของเครื่องโดยเวลาที่ใช้ในการทดสอบควรอยู่ในเวลา 20-80 วินาที

5. <u>การคำนวณ</u>

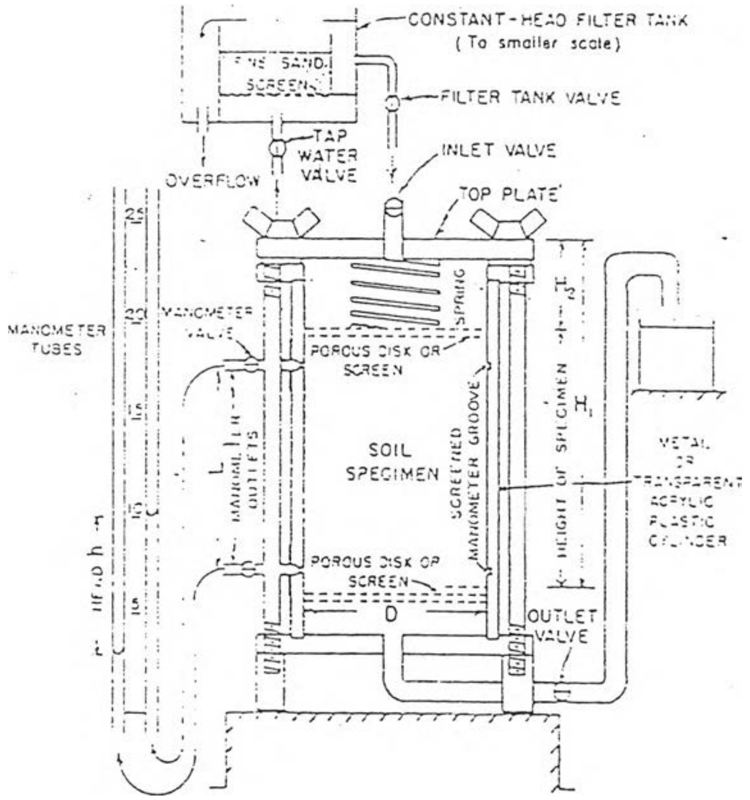
บันทึกค่าแรงกดสูงสุดจากเครื่องกดและคำนวณในค่าของ กก./ตร.ซม โดยให้คำนวณความละเอียดถึง 0.1 กก./ตร.ซม หรือ kpa โดยคำนวณความละเอียดถึง 10 kpa

ก้อนตัวอย่างที่ไม่สมบูรณ์ในการทดสอบแต่ละครั้ง หากมีผลการทดสอบของแท่งตัวอย่างใดที่มีค่าเบี่ยงเบนเกินกว่า 10 % ของค่าเฉลี่ย ควรตัดผลการทดสอบนั้นออกและนำก้อนใหม่มาวัดแทน

Permeability of granular soils (constant head) ASTM D2434-68

<u>อุปกรณ์</u>

รูปเครื่องมือแสดงดังรูปที่ ผ8



รูปที่ ผ8 อุปกรณ์ทดสอบความให้ซึมได้

<u>วิธีการทดลอง</u>

1. เตรียมตัวอย่างดินใส่ในแบบสำหรับทดสอบ วัดเส้นผ่าศูนย์กลางและความยาวของตัวอย่าง พร้อมทั้งชั่งน้ำหนัก

2. นำตัวอย่างดินมาติดตั้งท่อน้ำเข้าและออก และปล่อยน้ำเข้าในขณะเดียวกันก็ระบายอากาศออกทางตอนบนของตัวอย่างดิน น้ำเริ่มระบายออกโดยไม่มีฟองอากาศ แล้วปิดวาวล์ระบาย

3. เปิดวาวล์ทางน้ำออก จนไม่มีฟองอากาศแล้วปิด ปล่อยตัวอย่างให้ชุ่มน้ำอย่างน้อย 12 ชม. สำหรับดินเหนียว แต่สำหรับตัวอย่างทรายให้ทำการทดสอบได้ทันที

4. เริ่มทำการทดสอบโดยเปิดวาวล์ทางน้ำออก แล้วจับเวลาเป็นวินาที เมื่อปริมาตรน้ำที่วัดจากกระบอกตวงได้ 100 ลบ.ซม. จดบันทึกเวลาและอุณหภูมิน้ำ ทำซ้ำกันอย่างน้อย 5 ครั้ง

<u>การคำนวณผลการทดลอง</u>

นำข้อมูลเฉลี่ยที่ได้ แทนลงในสมการดังนี้

$k = QL/Ah$

k = ความให้ซึมได้ (ซม./วินาที)

Q = อัตราไหล (ลบ.ซม/วินาที)

A = พื้นที่หน้าตัดของตัวอย่าง (ตร.ซม)

h/L = ไฮโดรลิกเกรเดียน

<u>เครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์แบบเปลวเพลิง</u>

ยี่ห้อ VARIAN รุ่น Spectr AA - 10 PLUS

	ความยาวคลื่น (nm)	ช่วงการทำงานที่เหมาะสม (มก./ล)
แคดเมียม	228.8	0.02 - 3
โครเมียม	357.9	0.06 - 15
ตะกั่ว	217.0	0.1 - 30
สังกะสี	213.9	0.01 - 2

สำหรับวิธี Vapor Generation

อาร์ซินิค ช่วงการทำงานที่เหมาะสม = 0.01 - 0.02 มก./ล

ปรอท ช่วงการทำงานที่เหมาะสม = 0.02 - 0.04 มก./ล

ประวัติผู้เขียน

นางสาวสุวรณา นทีวงศ์กิจ เกิดวันที่ 10 พฤศจิกายน พ.ศ. 2511 ที่จังหวัดระยอง สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2535 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2537