



รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. ประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดวิธีการเก็บค่าอายุฤทธิ์
กำจัด สิ่งทิ้ง เคลื่อนย้ายและกำจัดของแข็งถึงปฏิภนหรือวัสดุที่ไม่ใช่แล้ว (ฉบับที่ 1)
พ.ศ.2531. กระทรวงอุตสาหกรรม, 2531

กระทรวงอุตสาหกรรม. ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 25 (พ.ศ.2531) ออกตาม
ความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ.2512 เรื่อง หน้าที่ของผู้รับใบอนุญาตประกอบกิจการ
โรงงาน. กระทรวงอุตสาหกรรม, 2531.

กระทรวงอุตสาหกรรม. ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 6 (พ.ศ.2540) ออกตามความใน
พระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ.2535 เรื่อง การกำจัดสิ่งปฏิภนหรือวัสดุที่ไม่ใช่แล้ว.
กระทรวงอุตสาหกรรม, 2540.

กัถยา วานิชย์บัญชา. หลักสถิติ. ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์-
มหาวิทยาลัย, 2541.

ดวงสมร ผดุงเกียรติวงษ์. การเปรียบเทียบการทำตะกอนปรอทจกไฟฟ้ให้เป็นก้อนโดยใช้
ปูนซีเมนต์ผสมแฉ้ลยอกิกไนต์และปูนซีเมนต์ผสมจิติกาฟูม วิทยานิพนธ์มหาบัณจติ
ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540.

นฤมิต คินิมาน. การทำตะกอนโลหะหนักจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียจ้ไอดีให้เป็นก้อนด้วย
ปูนซีเมนต์ และแฉ้ลยอกิกไนต์. วิทยานิพนธ์มหาบัณจติ ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2538.

บริษัท ชลประทานซีเมนต์ จำกัด(มหาชน). ปอร์คแลนด์ซีเมนต์ประเภทห้ ทรายถาถถถถ. แผ่นพับ.
พวงร้คน้ แฉ้ลยอกิกไนต์. แนวทางการจัดการน้ำเสียจ้ไอดีในเขตกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์มหาบัณจติ
ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2537.

วินิจ ช่อวิเชียร. คอนกรีตเทคโนโลยี. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย, 2539.

อนุวัฒน์ ปูนพันธ์ฉาย. การทำตะกอนโลหะหนักจกไฟฟ้ให้เป็นก้อนโดยใช้ปูนซีเมนต์ และแฉ้ลยอก
ิกไนต์เป็นตัวประสาน วิทยานิพนธ์มหาบัณจติ ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2539.

อรุณ ชัยเสรี และชัย มุกตพันธุ์. คู่มือการตรวจสอบคอนกรีตของสมาคมคอนกรีตอเมริกัน.
วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, 2538.

ภาษาอังกฤษ

- American Society for Testing and Materials. Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2 in. OR 50 mm CUBE SPECIMENSs).
C 109 - 86, Annual Book of ASTM Standards, 04.02 Section 4, 1986 : 74-79
- American Society for Testing and Materials. Standard Test Method for Compressive Strength of Molded Soil-Cement Cylinders. D 1633-84, Annual Book of ASTM Standards, 04.08 Section 4, 1984 : 148-150
- American Society for Testing and Materials. Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Cohesive Soil. D2166-91, Annual Book of ASTM Standards, 04.08 Section 4, 1991 : 169-173
- Bae W., Shin E.B. and Chung J.W. Cement-Based Solidification of Electroplating Sludge. HAN (G-7) Project, National Institute of Environmental Research, Republic of Korea.
- Bhattacharyya D., Jumawan A.B., Sun G., Sund-Hagelberg C. and Schwitzgebel K. Precipitation of Heavy Metals with Sulfide : Bench-scale and Full-scale Experimental Results. AICHE Symposium Series. 77 No.209, 1980 : 31-38
- Bishop P.L. Leaching of Inorganic Hazardous Constituents from Stabilized/Solidified Hazardous Wastes. Hazardous Waste & Hazardous Materials 5, 1988 : 129-143
- Chawakitchareon P. and Kiniman N. Solidification of Heavy Metal Sludge from COD Wastewater treatment using Cement and Lignite Fly Ash. International Conference on Environmental Pollution. Budapest, Hungary, 15-19 April, 1996 Volume 1, 489-497.
- Engineering - Science Co.ltd., Thai DCI Co.ltd., and System Engineering Co.ltd., National Hazardous Waste Management Plan. Office of the National Environment Board, Ministry of Science, Technology and Energy, Kingdom of Thailand, 1989.
- McWhinney H.G., Cocke D.L., Balke K. and Ortego J.D. An Investigation of Mercury Solidification and Stabilization in Portland Cement Using X-ray Photoelectron Spectroscopy and Energy Dispersive Spectroscopy. Cement and Concrete Research 20, 1990:79-91.
- Poon C.S., Peters C.S. and Perry R. Mechanisms of Metal Stabilization by Cement Based Fixation Processes. The Science of the Total Environment 41, 1985 :55-71.
- Rijal S.P. Solidification of Laboratory Wastes Using Cementitious Binders. Thesis No. EV-90-20, Asian Institute of Technology, Bangkok Thailand, 1990.

- Shin H.S. and Sujiwattana P. Factors Affecting Solidification of Hazardous Waste Materials. Hazardous Waste : Detection, Control, Treatment, 1988:1549-1560.
- Thomson R.H. Naturally Occuring Quinones III : recent advances. 1987 : 350-351
- Trevor Robinson. The Organic Constituents of Higher Plants : Their Chemistry and Interrelationships. Fourth Edition, 1980 : 119-124.
- Yang G.C.C., Lee C. and Hsiue G. Properties of a Mercury- Containing Sludge Solidification by Polymer Latex Modified Cementitious Materials. Hazardous Waste & Hazardous Materials 10, 1993.
- Zhang M.H. and Malhotra V.M. Characteristics of a Thermally Activated Alumino-silicate Pozzolan Material and its use in concrete. Cement and Concrete Research V.25, 1995 : 1713-1715.



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

กองมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม. รายงานผลการปฏิบัติงานของคณะกรรมการสืบค้นปัญหาอันเนื่องมาจากสารพิษและจัดอันดับความสำคัญ ปี พ.ศ. 2526-2527 สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อม, 2527.

เพชรพร เขากิจเจริญ. การกำจัดของเสียอันตราย. เอกสารประกอบการอบรมด้านการสุขาภิบาลและสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม รุ่นที่ 7. (8 ต.ค.- 9 เม.ย. 2536). ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2536.

ภาษาอังกฤษ

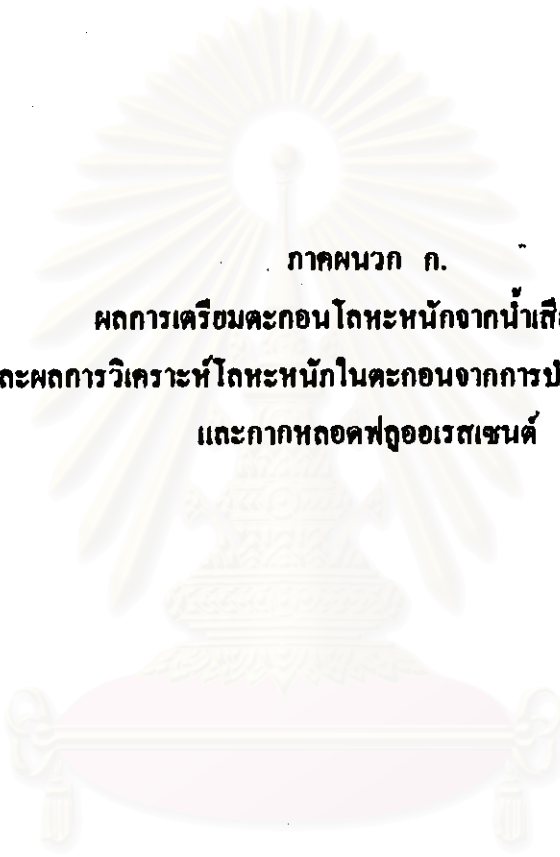
Cartledge F.K., Butler L.G., Chalasani D., Eaton H.C., Frey F.P., Herrera E., Tittlebaum E. And Yang S. Immobilization Mechanisms in Solidification in Solidification/Stabilization of Cd and Pb Salts Using Portland Cement Fixing Agents. Environmental Science & Technology 24, 1990 : 867-873

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

Lin T., Lin C., Wei W.J. and Lo S. Mechanisms of Metal Stabilization in Cementitious Matrix: Interaction of Tricalcium Aluminate and Copper Oxide/Hydroxide. Environmental Science & Technology. 27, 1993 : 1312-1318

Mollah M.Y.A., Hess T.R., Tsai Y. and Cocke D.L. An FTIR and XPS Investigations of the Effects of Carbonation on the Solidification/Stabilization of Cement Based Systems-Portland Type V with Zinc. Cement and Concrete Research 23, 1993:773-784.

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



ภาคผนวก ก.
ผลการเตรียมตะกอนโลหะหนักจากน้ำเสียซีไอดี
และผลการวิเคราะห์โลหะหนักในตะกอนจากการบำบัดน้ำเสียซีไอดี
และกากหลอมคฟอออเรตเซนส์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ผ.1 แสดงผลการเตรียมตะกอนโลหะหนักจากน้ำเสียเสียอีดี

ครั้งที่	ปริมาณน้ำเสียอีดี (ด.)	สารละลายไฮเดียมไฮดรอกไซด์ (ด.)	ตะกอนโลหะหนัก (กก.)
1	7.5	8.0	1.45
2	7.5	8.0	1.45
3	7.5	8.2	1.50
4	7.5	8.2	1.50
5	7.5	8.2	1.50
6	7.5	8.1	1.50
7	7.5	8.1	1.45
8	7.5	8.0	1.45
9	7.5	8.0	1.45
10	7.5	8.0	1.45
11	7.5	8.2	1.50
12	7.5	8.2	1.50
รวม	90.0	97.2	17.70

ปริมาณตะกอนโลหะหนักเฉลี่ย 197 กรัมต่อน้ำเสียอีดี 1 ลิตร
ก.น้ำเสียอีดี

ตาราง ผ.2 แสดงลักษณะสมบัติของน้ำเสียอีดี

ลักษณะสมบัติ	ครั้งที่			ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	1	2	3		
พีเอช	<1	<1	<1	<1	-
สภาพนำไฟฟ้า (มิลลิซีเมนส์/ซม.)	139	142	140	140	2.0000
ปรอท (มก./ล.)	922	917	882	907	21.7945
โครเมียม (มก./ล.)	510	520	500	510	10.0000
เหล็ก (มก./ล.)	652	664	669	661	8.7369
ตะกั่ว (มก./ล.)	ND.	ND.	ND.	ND.	-
อาร์ซีนิก (มก./ล.)	ND.	ND.	ND.	ND.	-
แคดเมียม (มก./ล.)	ND.	ND.	ND.	ND.	-

ผลการวิเคราะห์โลหะหนักในตะกอน (มก./ก.)

ก. ตะกอนโลหะหนักจากการบำบัดน้ำเสียชีโอติ

ตาราง ผ.3 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในตะกอนโลหะหนัก

ครั้งที่	ปริมาณ (มก./ก.)					
	ปรอท	โครเมียม	เหล็ก	ตะกั่ว	อาร์ซีนิก	แคดเมียม
1	3.74	4.40	2.90	ND.	ND.	ND.
2	3.77	4.40	2.90	ND.	ND.	ND.
3	3.82	4.40	2.90	ND.	ND.	ND.
เฉลี่ย	3.78	4.40	2.90	ND.	ND.	ND.
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.0404	0.0000	0.0000	-	-	-

ND. - มีค่าน้อยมากจนไม่สามารถวัดค่าได้แน่นอน

ข. โลหะหนักจากการชะล้างกากหลอคฟลูออเรสเซนซ์

ตาราง ผ.4 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในตะกอนโลหะหนัก

ครั้งที่	ปริมาณ (มก./ก.)					
	ปรอท	โครเมียม	เหล็ก	ตะกั่ว	อาร์ซีนิก	แคดเมียม
1	3.71	ND.	21.00	ND.	ND.	ND.
2	3.62	ND.	19.00	ND.	ND.	ND.
3	3.74	ND.	23.00	ND.	ND.	ND.
เฉลี่ย	3.69	ND.	21.00	ND.	ND.	ND.
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.0624	-	2.0000	-	-	-

ND. - มีค่าน้อยมากจนไม่สามารถวัดค่าได้แน่นอน

ค. จีดีพี-อะลูมินาที่ใช้แล้ว

ตาราง ผ.5 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในจีดีพี-อะลูมินาที่ใช้แล้ว

ครั้งที่	ปริมาณ (มก./ก.)					
	ปรอท	โครเมียม	เหล็ก	ตะกั่ว	อาร์ซีนิก	แคดเมียม
1	ND.	ND.	ND.	ND.	ND.	ND.
2	ND.	ND.	ND.	ND.	ND.	ND.
3	ND.	ND.	ND.	ND.	ND.	ND.
เฉลี่ย	ND.	ND.	ND.	ND.	ND.	ND.
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	-	-	-	-	-	-

ND. - มีค่าน้อยมากจนไม่สามารถวัดค่าได้แน่นอน

ผลการวิเคราะห์น้ำระเหย

ผ. 6 แสดงผลการวิเคราะห์น้ำระเหยของตะกอนโลหะหนักจากการบำบัดน้ำเสียซีไอเค

ลักษณะสมบัติ	ครั้งที่			ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	1	2	3		
พีเอช	8.91	8.88	8.92	8.90	0.0208
สภาพนำไฟฟ้า (มิลลิซีเมนส์/ซม)	68.10	68.60	68.80	68.50	0.3606
ความเป็นด่าง (มก./ล.ของหินปูน)	328	351	339	339	11.0567
ปรอท (มก./ล.)	6.00	7.00	7.00	6.67	0.5774
โครเมียม (มก./ล.)	7.00	7.25	7.50	7.25	0.2500
เหล็ก (มก./ล.)	0.34	0.30	0.31	0.32	0.0208
ตะกั่ว (มก./ล.)	ND.	ND.	ND.	ND.	-
อาร์ซีนิก (มก./ล.)	ND.	ND.	ND.	ND.	-
แคดเมียม (มก./ล.)	ND.	ND.	ND.	ND.	-

ND. - มีค่าน้อยมากจนไม่สามารถวัดค่าได้แน่นอน

ผ. 7 แสดงผลการวิเคราะห์น้ำระเหยของโลหะหนักจากการระเหยจากหลอดฟลูออโรเรสเซนต์

ลักษณะสมบัติ	ครั้งที่			ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	1	2	3		
พีเอช	8.85	8.81	8.81	8.82	0.0231
สภาพนำไฟฟ้า (มิลลิซีเมนส์/ซม)	0.559	0.565	0.561	0.562	0.0031
ความเป็นด่าง (มก./ล.ของหินปูน)	140	152	152	148	6.9282
ปรอท (มก./ล.)	2.60	3.30	3.30	3.07	0.4041
โครเมียม (มก./ล.)	ND.	ND.	ND.	ND.	-
เหล็ก (มก./ล.)	0.45	0.47	0.94	0.62	0.2773
ตะกั่ว (มก./ล.)	ND.	ND.	ND.	ND.	-
อาร์ซีนิก (มก./ล.)	ND.	ND.	- ND.	ND.	-
แคดเมียม (มก./ล.)	ND.	ND.	ND.	ND.	-

ผ.8 แสดงผลการวิเคราะห์น้ำระเหยของซิงค์-อะลูมินาที่ใช้แล้ว

ลักษณะสมบัติ	ครั้งที่			ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	1	2	3		
พีเอช	8.60	8.61	8.42	8.54	0.1069
สภาพนำไฟฟ้า (มิลลิซีเมนส์/ซม)	4.84	4.79	5.09	4.91	0.1607
ความเป็นด่าง (มก./ล.ของหินปูน)	173	176	166	172	5.1316
ปรอท (มก./ล.)	ND.	ND.	ND.	ND.	-
โครเมียม (มก./ล.)	ND.	ND.	ND.	ND.	-
เหล็ก (มก./ล.)	ND.	ND.	ND.	ND.	-
ตะกั่ว (มก./ล.)	ND.	ND.	ND.	ND.	-
อาร์ซีนิก (มก./ล.)	ND.	ND.	ND.	ND.	-
แคดเมียม (มก./ล.)	ND.	ND.	ND.	ND.	-

ND. - มีค่าน้อยมากจนไม่สามารถวัดค่าได้แน่นอน



ภาคผนวก ข.
การคำนวณหาปริมาณโซเดียมซัลไฟด์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การคำนวณหาปริมาณสาร ไฮเดรียมซัลไฟด์ที่เติมลงในตะกอนโลหะหนัก

ก. ตะกอนโลหะหนักจากการบำบัดน้ำเสียชีโอติ

ตะกอนโลหะหนักที่ได้จากน้ำเสียชีโอติมีปรอท	เท่ากับ	3.78	มก./ก.
โครเมียม	เท่ากับ	4.40	มก./ก.
เหล็ก	เท่ากับ	2.90	มก./ก.

1. ปรอท

	Hg^{2+}	+	S^{2-}	\longrightarrow	HgS	
	Hg^{2+}	1	โมลทำปฏิกิริยาพอดีกับ S^{2-}		1	โมล
	Hg^{2+}	200.59	กรัมทำปฏิกิริยาพอดีกับ S^{2-}		32	มิลลิกรัม
	Hg^{2+}	3.78	กรัมทำปฏิกิริยาพอดีกับ S^{2-}	$(3.78 \times 32) / 200.59$		
				-	0.60	มิลลิกรัม

1. โครเมียม

	$2 Cr^{3+}$	+	$3 S^{2-}$	\longrightarrow	Cr_2S_3	
	Cr^{3+}	2	โมลทำปฏิกิริยาพอดีกับ S^{2-}		3	โมล
	Cr^{3+}	104	มิลลิกรัมทำปฏิกิริยาพอดีกับ S^{2-}		96	มิลลิกรัม
	Cr^{3+}	4.40	มิลลิกรัมทำปฏิกิริยาพอดีกับ S^{2-}	$(4.40 \times 96) / 104$		
				-	4.06	มิลลิกรัม

3.เหล็ก

	$2 Fe^{3+}$	+	$3 S^{2-}$	\longrightarrow	Fe_2S_3	
	Fe^{3+}	2	โมลทำปฏิกิริยาพอดีกับ S^{2-}		3	โมล
	Fe^{3+}	111.7	กรัมทำปฏิกิริยาพอดีกับ S^{2-}		96	มิลลิกรัม
	Fe^{3+}	2.90	กรัมทำปฏิกิริยาพอดีกับ S^{2-}	$(2.90 \times 96) / 111.7$		
				-	2.49	มิลลิกรัม

สำหรับตะกอนโลหะหนัก 1 กรัม S^{2-} ที่ใช้ทั้งหมดเท่ากับ	$0.60 + 4.06 + 2.49$	มิลลิกรัม
	$= 7.15$	มิลลิกรัม
ดังนั้นปริมาณสาร โซเดียมซัลไฟด์ที่ 1.75 เท่าของปริมาณทางทฤษฎี	$= 1.75 * 7.15 * (78/32)$	
	$= 30.50$	มิลลิกรัม

2. ตะกอนโลหะหนักจากการชะล้างกากหลอมฟลูออเรสเซนซ์

กากหลอมฟลูออเรสเซนซ์มีปรอทเท่ากับ	3.69	มิลลิกรัม/กรัม
มีเหล็กเท่ากับ	21.00	มิลลิกรัม/กรัม

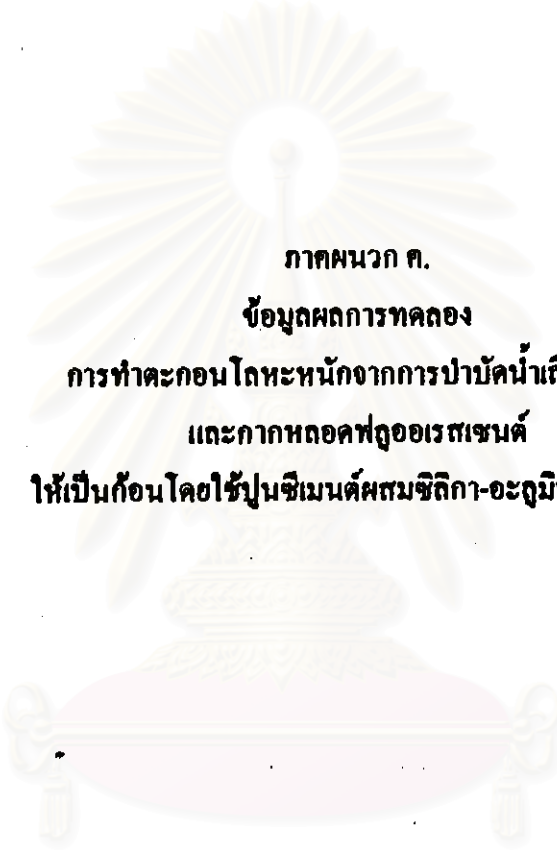
1. ปรอท

Hg^{2+}	+	S^{2-}	\longrightarrow	HgS	
Hg^{2+}	1	โมลทำปฏิกิริยาพอดีกับ S^{2-}		1	โมล
Hg^{2+}	200.59	กรัมทำปฏิกิริยาพอดีกับ S^{2-}		32	มิลลิกรัม
Hg^{2+}	3.69	กรัมทำปฏิกิริยาพอดีกับ S^{2-}		$(3.69 * 32) / 200.59$	
				$= 0.59$	มิลลิกรัม

2. เหล็ก

$2 Fe^{2+}$	+	$3 S^{2-}$	\longrightarrow	Fe_3S_4	
Fe^{2+}	1	โมลทำปฏิกิริยาพอดีกับ S^{2-}		3	โมล
Fe^{2+}	200.59	กรัมทำปฏิกิริยาพอดีกับ S^{2-}		96	มิลลิกรัม
Fe^{2+}	21.00	กรัมทำปฏิกิริยาพอดีกับ S^{2-}		$(21 * 96) / 111.7$	
				$= 18.05$	มิลลิกรัม

สำหรับตะกอนโลหะหนัก 1 กรัม S^{2-} ที่ใช้ทั้งหมดเท่ากับ	$0.59 + 18.05$	มิลลิกรัม
	$= 18.64$	มิลลิกรัม
ดังนั้นปริมาณสาร โซเดียมซัลไฟด์ที่ 1.75 เท่าของปริมาณทางทฤษฎี	$= 1.75 * 18.64 * (78/32)$	
	$= 79.51$	มิลลิกรัม



ภาคผนวก ค.
ข้อมูลผลการทดลอง
การทำตะกอนโลหะหนักจากการบำบัดน้ำเสียซีไอดี
และกากหอดคฟลูออเรสเซนต์
ให้เป็นก้อนโดยใช้ปูนซีเมนต์ผสมจิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทดลองที่ 1. ศึกษาอัตราส่วนของวัสดุประสานที่เหมาะสมของตะกอนปรอทชนิดไฟด์

1. ตะกอนโลหะหนักจากการบำบัดน้ำเสียซีไอเค

ตารางที่ ๘.๑ แสดงค่ากำลังรับแรงอัดกับอัตราส่วนผสมตะกอนโลหะหนัก

S/B	% ซิลิกา	ค่ากำลังรับแรงอัด (กก./ซม. ^๒)				
		1	2	3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
0	0	246	249	257	251	5.6862
	10	208	199	209	205	5.5076
	20	143	140	146	143	3.0000
	30	138	136	141	138	2.5166
	40	135	132	128	132	3.5119
0.25	0	212	215	217	215	2.5167
	10	152	156	157	155	2.6458
	20	121	129	124	125	4.0415
	30	115	113	108	115	3.6056
	40	85	90	91	89	3.2146
0.5	0	193	180	187	187	6.5064
	10	135	148	127	137	10.5987
	20	110	121	116	116	5.5076
	30	100	106	76	94	14.1774
	40	70	84	89	78	9.8489
0.75	0	150	143	138	144	6.0277
	10	129	116	127	124	7.0000
	20	107	110	115	110	4.0415
	30	93	96	80	90	8.5049
	40	64	67	64	65	1.7321

S/B = อัตราส่วนตะกอนโลหะหนักต่อวัสดุประสาน

%ซิลิกา = ซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์

ตารางที่ ผ.10 แสดงค่าความหนาแน่นกับอัตราส่วนผสมคอนกรีตหะหนัก

S/B	% ซิลิกา	ค่าความหนาแน่น (คณ./ม. ³)				
		1	2	3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
0	0	1.89	1.90	1.91	1.90	0.0100
	10	1.84	1.83	1.83	1.83	0.0058
	20	1.80	1.79	1.81	1.80	0.0100
	30	1.78	1.77	1.76	1.77	0.0100
	40	1.76	1.77	1.75	1.76	0.0100
0.25	0	2.03	2.03	2.03	2.03	0.000
	10	1.93	1.92	1.93	1.93	0.0058
	20	1.90	1.91	1.91	1.91	0.0058
	30	1.87	1.87	1.89	1.88	0.0115
	40	1.85	1.86	1.85	1.85	0.0058
0.5	0	2.03	2.02	2.04	2.03	0.0100
	10	1.97	1.99	1.98	1.98	0.0100
	20	1.95	1.96	1.94	1.95	0.0100
	30	1.94	1.92	1.91	1.92	0.0153
	40	1.90	1.92	1.92	1.91	0.0115
0.75	0	2.04	2.06	2.05	2.05	0.0100
	10	2.03	2.03	2.03	2.03	0.0000
	20	1.97	2.01	1.98	1.99	0.0208
	30	1.96	1.97	1.96	1.96	0.0058
	40	1.95	1.96	1.96	1.96	0.0058

S/B = อัตราส่วนตะกอนโลหะหนักต่อวัสดุประสาน

%ซิลิกา = ซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์

ตารางที่ ผ.11 แสดงค่าพีเอชกับอัตราส่วนผสมตะกอนโลหะหนัก

S/B	% จิลิกา	ค่าพีเอชของน้ำสกัด				
		1	2	3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
0	0	11.80	11.80	11.80	11.80	0.0000
	10	11.82	11.84	11.85	11.84	0.0153
	20	11.83	11.84	11.85	11.84	0.0100
	30	11.82	11.84	11.85	11.84	0.0153
	40	11.82	11.83	11.83	11.83	0.0058
0.25	0	12.41	12.41	12.42	12.41	0.0058
	10	12.41	12.42	12.42	12.42	0.0058
	20	12.42	12.41	12.43	12.42	0.0100
	30	12.42	12.42	12.43	12.42	0.0055
	40	12.42	12.42	12.42	12.42	0.0000
0.5	0	12.54	12.54	12.54	12.54	0.0000
	10	12.62	12.62	12.62	12.62	0.0000
	20	12.64	12.64	12.64	12.64	0.0000
	30	12.64	12.64	12.63	12.64	0.0058
	40	12.64	12.64	12.64	12.64	0.0000
0.75	0	12.60	12.60	12.60	12.60	0.0000
	10	12.66	12.66	12.66	12.66	0.0000
	20	12.70	12.70	12.70	12.70	0.0000
	30	12.70	12.70	12.70	12.70	0.0000
	40	12.70	12.70	12.70	12.70	0.0000

S/B - อัตราส่วนตะกอนโลหะหนักต่อวัสดุประสาน

%จิลิกา - จิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วเป็นเปอร์เซนต์โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์

ตารางที่ ผ.12 แสดงค่าสภาพนำไฟฟ้ากับอัตราส่วนผสมตะกอนโลหะหนัก

S/B	% ซิลิกา	ค่าสภาพนำไฟฟ้า (มิลลิซีเมนส์/เซนติเมตร)				
		1	2	3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
0	0	8.04	8.35	8.36	8.25	0.1819
	10	8.30	8.41	8.50	8.40	0.1462
	20	8.03	8.44	8.79	8.44	0.3804
	30	8.26	8.54	8.67	8.49	0.2095
	40	8.23	8.90	8.50	8.54	0.3371
0.25	0	21.80	21.70	21.00	21.50	0.4359
	10	22.40	22.20	22.30	22.30	0.1000
	20	23.10	23.30	22.80	23.07	0.2517
	30	22.80	23.30	23.50	23.20	0.3606
	40	23.50	23.50	23.30	23.43	0.1155
0.5	0	33.70	34.40	33.70	33.93	0.4041
	10	34.30	34.40	34.00	34.20	0.2082
	20	33.60	34.70	34.50	34.27	0.5859
	30	36.00	33.60	33.20	34.27	1.5144
	40	34.90	34.50	34.20	34.53	0.3512
0.75	0	38.50	39.90	39.00	39.13	0.7095
	10	40.20	40.90	40.00	40.37	0.4726
	20	40.50	41.20	40.10	40.47	0.5568
	30	40.30	40.20	40.50	40.67	0.1528
	40	41.00	41.30	41.00	41.10	0.1732

S/B - อัตราส่วนตะกอนโลหะหนักต่อวัสดุประสาน

%ซิลิกา - ซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์

ตารางที่ ผ.13 แสดงค่าความเป็นค่าต่างกับอัตราส่วนผสมตะกอนโลหะหนัก

S/B	% จดิกาก	ค่าความเป็นค่าต่าง (มก./ก.ของหินปูน)				
		1	2	3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
0	0	1100	1100	1100	1100	0.0000
	10	1100	1100	1100	1100	0.0000
	20	1100	1100	1100	1100	0.0000
	30	1100	1100	1120	1107	11.5470
	40	1100	1100	1100	1100	0.0000
0.25	0	3520	3530	3530	3527	5.7735
	10	3530	3530	3540	3533	5.7735
	20	3640	3680	3660	3660	5.7735
	30	3660	3670	3670	3667	5.7735
	40	3710	3710	3720	3713	5.7735
0.5	0	3870	3870	3880	3813	5.7735
	10	3880	3870	3890	3880	10.0000
	20	3890	3870	3880	3880	10.0000
	30	3900	3910	3890	3900	10.0000
	40	3900	3900	3900	3900	0.0000
0.75	0	4280	4290	4290	4287	5.7735
	10	4340	4350	4350	4347	5.7735
	20	4390	4390	4400	4393	5.7735
	30	4500	4510	4510	4507	5.7735
	40	4500	4510	4510	4507	5.7735

S/B - อัตราส่วนตะกอนโลหะหนักต่อวัสดุประสาน

% จดิกาก - จดิกาก-อะลูมินาที่ใช้แล้วเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์

ตารางที่ ผ.14 แสดงค่าความความเข้มข้นของปรอทกับอัตราส่วนผสมตะกอนโลหะหนัก

S/B	% ซิลิกา	ค่าความเข้มข้นของปรอท (มก./ท.)				
		1	2	3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
0	0	0.006	0.006	0.004	0.005	0.0012
	10	0.006	0.006	0.004	0.005	0.0012
	20	0.010	0.008	0.008	0.009	0.0012
	30	0.010	0.010	0.008	0.009	0.0012
	40	0.010	0.008	0.008	0.009	0.0012
0.25	0	0.040	0.042	0.044	0.042	0.0020
	10	0.042	0.044	0.046	0.044	0.0020
	20	0.046	0.046	0.042	0.045	0.0023
	30	0.048	0.046	0.048	0.047	0.0012
	40	0.064	0.066	0.060	0.063	0.0031
0.5	0	0.112	0.144	0.112	0.123	0.0185
	10	0.144	0.144	0.140	0.143	0.0023
	20	0.140	0.144	0.160	0.148	0.0106
	30	0.156	0.144	0.160	0.153	0.0083
	40	0.156	0.156	0.160	0.157	0.0023
0.75	0	0.344	0.320	0.288	0.314	0.0281
	10	0.376	0.368	0.296	0.347	0.0441
	20	0.328	0.328	0.384	0.347	0.0323
	30	0.400	0.368	0.320	0.363	0.0403
	40	0.368	0.368	0.400	0.379	0.0185

S/B - อัตราส่วนตะกอนโลหะหนักต่อวัสดุประสาน

%ซิลิกา - ซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วเป็นเปอร์เซนต์โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์

ตารางที่ ผ.15 แสดงค่าความเข้มข้นของโครเมียมกับอัตราส่วนผสมตะกอนโลหะหนัก

S/B	% ซิลิกา	ค่าความเข้มข้นของโครเมียม (มก./ก.)				
		1	2	3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0000
	10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0000
	20	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0000
	30	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0000
	40	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0000
0.25	0	0.096	0.100	0.084	0.094	0.0083
	10	0.100	0.108	0.104	0.104	0.0040
	20	0.100	0.108	0.116	0.108	0.0080
	30	0.104	0.116	0.112	0.110	0.0061
	40	0.128	0.124	0.126	0.126	0.0020
0.5	0	0.200	0.216	0.208	0.208	0.0080
	10	0.216	0.232	0.226	0.225	0.0081
	20	0.230	0.234	0.238	0.234	0.0040
	30	0.220	0.248	0.276	0.248	0.0280
	40	0.272	0.296	0.304	0.290	0.0167
0.75	0	0.308	0.356	0.344	0.336	0.0250
	10	0.344	0.368	0.348	0.358	0.0129
	20	0.356	0.364	0.360	0.360	0.0040
	30	0.372	0.372	0.408	0.384	0.0208
	40	0.388	0.396	0.396	0.394	0.0155

S/B - อัตราส่วนตะกอนโลหะหนักต่อวัสดุประสาน

%ซิลิกา - ซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์

ตารางที่ พ.16 แสดงค่าความเข้มข้นของเหล็กกับอัตราส่วนผสมตะกอนโลหะหนัก

S/B	% ซิลิกา	ค่าความเข้มข้นของเหล็ก (มก./ก.)				
		1	2	3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
0	0	0.180	0.178	0.170	0.176	0.0057
	10	0.182	0.182	0.184	0.183	0.0012
	20	0.180	0.182	0.194	0.185	0.0076
	30	0.198	0.194	0.186	0.193	0.0061
	40	0.192	0.202	0.190	0.195	0.0064
0.25	0	0.180	0.182	0.180	0.181	0.0012
	10	0.208	0.198	0.196	0.201	0.0064
	20	0.228	0.244	0.230	0.234	0.0303
	30	0.224	0.288	0.218	0.243	0.0388
	40	0.260	0.254	0.264	0.259	0.0050
0.5	0	0.254	0.252	0.214	0.240	0.0225
	10	0.244	0.246	0.240	0.243	0.0031
	20	0.246	0.252	0.238	0.245	0.0070
	30	0.242	0.248	0.248	0.246	0.0035
	40	0.238	0.248	0.306	0.264	0.0367
0.75	0	0.340	0.418	0.338	0.365	0.0456
	10	0.360	0.360	0.378	0.366	0.1337
	20	0.376	0.380	0.382	0.379	0.0122
	30	0.378	0.386	0.380	0.381	0.0042
	40	0.368	0.390	0.396	0.385	0.0147

S/B - อัตราส่วนตะกอนโลหะหนักต่อวัสดุประสาน

%ซิลิกา - ซิลิกา-อะลูมินาที่ไ้แล้วเป็นเปอร์เซนต์โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์

2. ตะกอนโลหะหนักจากการชะล้างกากหลอมคฟลูออเรสเซนซ์

ตารางที่ ผ.17 แสดงค่าก้ำตั้งรับแรงอัดกับอัตราส่วนผสมตะกอนโลหะหนัก

S/B	% ซิลิกา	ค่าก้ำตั้งรับแรงอัด (กก./ซม. ²)				
		1	2	3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
0	0	257	270	252	260	9.2916
	10	225	225	236	229	6.3509
	20	225	205	216	215	10.0167
	30	171	194	165	177	15.3080
	40	163	141	151	152	11.0151
0.25	0	208	205	209	207	2.0817
	10	132	125	124	127	4.3589
	20	119	111	116	115	4.0415
	30	111	115	104	110	5.5678
	40	84	74	75	78	5.5076
0.5	0	164	156	144	155	10.0664
	10	113	122	114	116	4.9329
	20	104	99	98	100	3.2146
	30	88	90	98	92	5.2915
	40	65	61	61	62	2.3094
0.75	0	155	132	125	137	15.6950
	10	113	106	92	104	10.6927
	20	97	100	95	97	2.5166
	30	85	95	71	84	12.0554
	40	57	53	53	54	2.3094

S/B - อัตราส่วนตะกอนโลหะหนักต่อวัสดุประสาน

%ซิลิกา - ซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้นี้เป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์

ตารางที่ ผ.18 แสดงค่าความหนาแน่นกับอัตราส่วนผสมตะกอนโทหะหนัก

S/B	% จีดิกาก	ค่าความหนาแน่น (ตัน/ม. ³)				
		1	2	3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
0	0	1.87	1.86	1.84	1.86	0.0153
	10	1.79	1.80	1.79	1.79	0.0058
	20	1.76	1.76	1.75	1.76	0.0058
	30	1.74	1.74	1.74	1.74	0.0000
	40	1.73	1.73	1.73	1.73	0.0000
0.25	0	1.93	1.91	1.91	1.92	0.0115
	10	1.91	1.88	1.87	1.89	0.0208
	20	1.85	1.80	1.80	1.82	0.0289
	30	1.82	1.80	1.80	1.81	0.0115
	40	1.77	1.76	1.75	1.76	0.0100
0.5	0	1.99	1.96	1.96	1.97	0.0173
	10	1.91	1.96	1.93	1.93	0.0252
	20	1.91	1.86	1.91	1.89	0.0289
	30	1.85	1.87	1.88	1.87	0.0153
	40	1.86	1.79	1.85	1.83	0.0379
0.75	0	1.99	1.98	1.98	1.98	0.0058
	10	1.96	1.96	1.97	1.96	0.0058
	20	1.93	1.95	1.96	1.95	0.0153
	30	1.94	1.97	1.92	1.94	0.0252
	40	1.91	1.97	1.87	1.92	0.0503

S/B - อัตราส่วนตะกอนโทหะหนักต่อวัสดุประสาน

%จีดิกาก - จีดิกาก-อะลูมินาที่ใส่แล้วเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์

ตารางที่ พ.19 แสดงค่าที่เอชกับอัตราส่วนผสมตะกอนโลหะหนัก

S/B	% จีดิกาก	ค่าที่เอชของน้ำตก				
		1	2	3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
0	0	11.80	11.80	11.80	11.80	0.0000
	10	11.81	11.81	11.81	11.81	0.0000
	20	11.81	11.81	11.81	11.81	0.0000
	30	11.81	11.81	11.81	11.81	0.0000
	40	11.81	11.81	11.81	11.81	0.0000
0.25	0	12.07	12.05	12.06	12.06	0.0100
	10	12.05	12.06	12.07	12.06	0.0100
	20	12.06	12.06	12.07	12.06	0.0058
	30	12.06	12.06	12.06	12.06	0.0000
	40	12.07	12.07	12.07	12.07	0.0000
0.5	0	12.10	12.11	12.12	12.11	0.0100
	10	12.11	12.11	12.12	12.11	0.0058
	20	12.11	12.11	12.12	12.11	0.0058
	30	12.11	12.12	12.11	12.11	0.0058
	40	12.11	12.11	12.10	12.11	0.0058
0.75	0	12.17	12.18	12.18	12.18	0.0058
	10	12.19	12.21	12.19	12.20	0.0012
	20	12.20	12.21	12.19	12.20	0.0100
	30	12.19	12.20	12.20	12.20	0.0058
	40	12.20	12.21	12.19	12.20	0.0100

S/B - อัตราส่วนตะกอนโลหะหนักต่อวัสดุประสาน

%จีดิกาก - จีดิกาก-อะลูมินาที่ใช้แล้วเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์

ตารางที่ ผ.20 แสดงค่าสภาพนำไฟฟ้ากับอัตราส่วนผสมตะกอนโลหะหนัก

S/B	% ซิลิกา	ค่าสภาพนำไฟฟ้า (มิลลิซีเมนต์/เซนติเมตร)				
		1	2	3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
0	0	8.00	8.09	8.10	8.06	0.0551
	10	8.10	8.27	8.34	8.24	0.1234
	20	8.41	8.63	8.25	8.43	0.1908
	30	8.26	8.51	8.52	8.43	0.1473
	40	8.20	8.64	8.45	8.43	0.2207
0.25	0	8.59	8.61	8.73	8.64	0.0757
	10	8.64	8.68	8.60	8.64	0.0400
	20	8.67	8.63	8.85	8.72	0.1172
	30	9.03	8.84	8.89	8.92	0.0985
	40	9.12	9.00	8.89	9.00	0.1150
0.5	0	9.01	9.16	9.05	9.07	0.0777
	10	9.05	9.03	9.12	9.07	0.0473
	20	9.00	9.08	9.14	9.07	0.0702
	30	9.10	9.10	9.06	9.09	0.0231
	40	9.11	9.19	9.11	9.14	0.0462
0.75	0	9.08	9.25	9.38	9.24	0.1504
	10	9.30	9.20	9.25	9.25	0.0500
	20	9.47	9.28	9.14	9.30	0.1656
	30	9.47	9.26	9.35	9.36	0.1054
	40	9.27	9.34	9.57	9.39	0.1570

S/B - อัตราส่วนตะกอนโลหะหนักต่อวัสดุประสาน

%ซิลิกา - ซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์

ตารางที่ พ.21 แสดงค่าความเป็นค่ากับอัตราส่วนผสมตะกอนโลหะหนัก

S/B	% ซิลิกา	ค่าความเป็นค่า (มก./ถ.ของหินปูน)				
		1	2	3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
0	0	1240	1240	1240	1240	0.0000
	10	1260	1260	1260	1260	0.0000
	20	1260	1260	1260	1260	0.0000
	30	1266	1274	1266	1269	4.6188
	40	1268	1266	1276	1269	5.2915
0.25	0	2200	2176	2165	2180	17.8979
	10	2188	2176	2200	2188	11.5036
	20	2200	2176	2200	2192	16.9706
	30	2235	2223	2235	2231	6.9282
	40	2240	2246	2240	2242	3.4641
0.5	0	2224	2210	2220	2218	7.2111
	10	2220	2210	2224	2218	7.2111
	20	2200	2247	2223	2223	23.5018
	30	2260	2268	2270	2266	5.2915
	40	2282	2305	2305	2297	13.2791
0.75	0	2340	2352	2340	2344	6.9282
	10	2340	2340	2363	2348	13.2791
	20	2375	2340	2387	2367	24.4199
	30	2375	2340	2387	2367	24.4199
	40	2360	2379	2375	2371	10.0167

S/B - อัตราส่วนตะกอนโลหะหนักต่อวัสดุประสาน

%ซิลิกา - ซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์

ตารางที่ ผ.22 แสดงค่าความความเข้มข้นของปรอทกับอัตราส่วนผสมตะกอนโลหะหนัก

S/B	% จีลีกาฯ	ค่าความเข้มข้นของปรอท (มก./ต.)				
		1	2	3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
0	0	0.008	0.008	0.008	0.008	0.0000
	10	0.010	0.008	0.008	0.009	0.0012
	20	0.010	0.010	0.012	0.011	0.0012
	30	0.012	0.012	0.012	0.012	0.0000
	40	0.012	0.012	0.012	0.012	0.0000
0.25	0	0.011	0.012	0.013	0.012	0.0010
	10	0.014	0.012	0.012	0.013	0.0012
	20	0.011	0.014	0.012	0.013	0.0015
	30	0.012	0.011	0.014	0.013	0.0015
	40	0.011	0.013	0.014	0.013	0.0015
0.5	0	0.026	0.028	0.024	0.026	0.0020
	10	0.030	0.028	0.026	0.028	0.0020
	20	0.030	0.028	0.026	0.028	0.0020
	30	0.030	0.034	0.028	0.034	0.0031
	40	0.034	0.030	0.038	0.034	0.0040
0.75	0	0.048	0.036	0.036	0.040	0.0069
	10	0.040	0.048	0.038	0.042	0.0053
	20	0.040	0.044	0.048	0.044	0.0040
	30	0.054	0.054	0.048	0.052	0.0035
	40	0.050	0.058	0.062	0.056	0.0061

S/B = อัตราส่วนตะกอนโลหะหนักต่อวัสดุประสาน

%จีลีกาฯ = จีลีกา-อะลูมินาที่ใช้เป็นตัวเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์

ตารางที่ ผ.23 แสดงค่าความเข้มข้นของเหล็กกับอัตราส่วนผสมตะกอนโลหะหนัก

S/B	% ซิลิกา	ค่าความเข้มข้นของเหล็ก (มก./ก.)				
		1	2	3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
0	0	0.084	0.074	0.086	0.081	0.0064
	10	0.086	0.082	0.082	0.083	0.0023
	20	0.088	0.092	0.094	0.091	0.0050
	30	0.080	0.100	0.100	0.093	0.0115
	40	0.080	0.100	0.100	0.093	0.0115
0.25	0	0.100	0.080	0.090	0.090	0.0100
	10	0.120	0.080	0.080	0.093	0.0231
	20	0.080	0.100	0.100	0.093	0.0115
	30	0.100	0.100	0.100	0.100	0.0000
	40	0.106	0.108	0.116	0.110	0.0053
0.5	0	0.100	0.100	0.100	0.100	0.0000
	10	0.100	0.100	0.100	0.100	0.0000
	20	0.100	0.100	0.120	0.107	0.0115
	30	0.100	0.120	0.120	0.113	0.0115
	40	0.100	0.140	0.120	0.120	0.0200
0.75	0	0.168	0.156	0.164	0.163	0.0061
	10	0.160	0.172	0.172	0.168	0.0069
	20	0.204	0.200	0.200	0.201	0.0023
	30	0.208	0.204	0.200	0.204	0.0040
	40	0.208	0.212	0.200	0.207	0.0061

S/B - อัตราส่วนตะกอนโลหะหนักต่อวัสดุประสาน

%ซิลิกา - ซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์

การทดลองที่ 2 ศึกษาอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานที่เหมาะสมของตะกอนปรอทซัลไฟด์

1. ตะกอนโลหะหนักจากการบำบัดน้ำเสียซีไอดี

ตารางที่ ผ.24 แสดงค่ากำลังรับแรงอัดกับอัตราส่วนน้ำ

% ซิลิกา	W/B	ค่ากำลังรับแรงอัด (กก./ซม. ^๒)				
		1	2	3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
0	0.3	236	212	182	210	27.0555
	0.4	205	185	177	189	14.4222
	0.5	174	178	177	176	2.0817
	0.6	108	110	107	108	1.5275
	0.7	79	72	60	70	9.6090
40	0.3	120	112	105	112	7.5056
	0.4	85	98	87	90	7.0000
	0.5	84	64	71	73	10.1489
	0.6	44	39	39	41	2.8868
	0.7	27	27	26	27	0.5774

ตารางที่ ผ.25 แสดงค่าความหนาแน่นกับอัตราส่วนน้ำ

% ซิลิกา	W/B	ค่าความหนาแน่น (ตัน/ม. ^๓)				
		1	2	3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
0	0.3	2.14	2.20	2.10	2.15	0.0503
	0.4	2.08	2.04	2.11	2.08	0.0351
	0.5	1.98	1.98	1.98	1.98	0.0000
	0.6	1.94	1.93	1.92	1.93	0.0100
	0.7	1.88	1.84	1.85	1.86	0.0208
40	0.3	2.04	2.05	2.05	2.05	0.0058
	0.4	2.00	1.98	1.97	1.98	0.0153
	0.5	1.90	1.90	1.90	1.90	0.0000
	0.6	1.84	1.84	1.83	1.84	0.0058
	0.7	1.77	1.77	1.77	1.77	0.0000

W/B = อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน

%ซิลิกา = ซิลิกาอะลูมินาที่ใช้แล้วเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์

ตารางที่ ผ.26 แสดงค่าพีเอชกับอัตราส่วนน้ำ

% ชิลิกา	W/B	ค่าพีเอช				
		1	2	3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
0	0.3	12.47	12.47	12.47	12.47	0.0000
	0.4	12.46	12.48	12.48	12.47	0.0115
	0.5	12.49	12.49	12.49	12.49	0.0000
	0.6	12.49	12.50	12.50	12.50	0.0058
	0.7	12.51	12.52	12.51	12.50	0.0058
40	0.3	12.48	12.48	12.49	12.48	0.0058
	0.4	12.50	12.48	12.49	12.49	0.0010
	0.5	12.51	12.51	12.51	12.51	0.0000
	0.6	12.52	12.53	12.52	12.52	0.0058
	0.7	12.52	12.52	12.51	12.52	0.0058

ตารางที่ ผ.27 แสดงค่าสภาพน้ำไฟฟ้ากับอัตราส่วนน้ำ

% ชิลิกา	W/B	ค่าสภาพน้ำไฟฟ้า (มิลลิซีเมนต์/เซนติเมตร)				
		1	2	3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
0	0.3	33.33	32.10	31.10	32.17	0.0011
	0.4	31.60	33.80	30.60	32.00	0.0016
	0.5	30.60	31.60	31.50	31.33	0.5508
	0.6	30.70	29.90	28.90	28.83	0.9018
	0.7	28.10	28.00	28.60	28.33	0.3215
40	0.3	37.50	38.00	36.50	37.33	0.7638
	0.4	36.10	36.50	36.60	36.40	0.2646
	0.5	33.50	35.50	35.30	34.77	1.1015
	0.6	34.10	34.40	34.40	34.30	0.1732
	0.7	32.30	31.90	31.60	31.93	0.3512

W/B = อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน

%ชิลิกา = ชิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์

ตารางที่ ผ.28 แสดงค่าความเป็นด่างกับอัตราส่วนน้ำ

% ซิลิกา	W/B	ค่าความเป็นด่าง (มก./ก.ของหินปูน)				
		1	2	3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
0	0.3	3636	3656	3656	3649	11.5470
	0.4	3763	3803	3803	3790	23.0940
	0.5	3810	3810	3810	3810	23.0940
	0.6	4026	4016	4016	4009	5.7735
	0.7	4316	4296	4316	4129	11.5470
40	0.3	3690	3690	3690	3690	0.0000
	0.4	3886	3866	3886	3879	11.5470
	0.5	3936	3956	3956	3949	11.5470
	0.6	4173	4193	4173	4180	11.5470
	0.7	4280	4260	4240	4260	20.0000

ตารางที่ ผ.29 แสดงค่าความเข้มข้นของปรอทกับอัตราส่วนน้ำ

% ซิลิกา	W/B	ค่าความเข้มข้นของปรอท (มก./ก.)				
		1	2	3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
0	0.3	0.138	0.142	0.142	0.141	0.0023
	0.4	0.136	0.140	0.144	0.140	0.0040
	0.5	0.136	0.136	0.138	0.136	0.0012
	0.6	0.140	0.138	0.140	0.139	0.0012
	0.7	0.146	0.144	0.146	0.145	0.0012
40	0.3	0.164	0.164	0.166	0.165	0.0012
	0.4	0.162	0.164	0.164	0.163	0.0012
	0.5	0.160	0.160	0.162	0.161	0.0012
	0.6	0.166	0.168	0.168	0.167	0.0012
	0.7	0.172	0.172	0.174	0.172	0.0012

W/B = อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน

%ซิลิกา = ซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์

ตารางที่ ผ.30 แสดงค่าความเข้มข้นของโครเมียมกับอัตราส่วนน้ำ

% ซิลิกา	W/B	ค่าความเข้มข้นของโครเมียม (มก./ก.)				
		1	2	3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
0	0.3	0.260	0.256	0.226	0.247	0.0019
	0.4	0.228	0.244	0.204	0.225	0.0201
	0.5	0.196	0.188	0.210	0.198	0.0111
	0.6	0.198	0.204	0.198	0.200	0.0035
	0.7	0.216	0.204	0.216	0.212	0.0069
40	0.3	0.246	0.292	0.276	0.271	0.0234
	0.4	0.264	0.276	0.250	0.263	0.0130
	0.5	0.230	0.252	0.252	0.245	0.0127
	0.6	0.245	0.255	0.250	0.250	0.0050
	0.7	0.254	0.252	0.254	0.253	0.0012

ตารางที่ ผ.31 แสดงค่าความเข้มข้นของเหล็กกับอัตราส่วนน้ำ

% ซิลิกา	W/B	ค่าความเข้มข้นของเหล็ก (มก./ก.)				
		1	2	3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
0	0.3	0.181	0.184	0.180	0.181	0.0021
	0.4	0.174	0.192	0.160	0.175	0.0160
	0.5	0.170	0.166	0.164	0.167	0.0031
	0.6	0.170	0.166	0.162	0.166	0.0040
	0.7	0.160	0.164	0.164	0.163	0.0023
40	0.3	0.188	0.182	0.180	0.183	0.3551
	0.4	0.182	0.178	0.176	0.179	0.0031
	0.5	0.176	0.172	0.170	0.173	0.0031
	0.6	0.168	0.176	0.164	0.169	0.0042
	0.7	0.166	0.170	0.170	0.169	0.0023

W/B = อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน

%ซิลิกา = ซิลิกา-อะลูมินาที่ใส่แล้วเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์

2.ตะกอนโลหะหนักจากการชะล้างกากหลอศฟลูออเรสเซนซ์
ตารางที่ ผ.32 แสดงค่ากำลังรับแรงอัดกับอัตราส่วนน้ำ

% ซิลิกา	W/B	ค่ากำลังรับแรงอัด (กก./ซม. ²)				
		1	2	3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
0	0.3	195	180	209	195	14.5029
	0.4	161	174	178	171	8.8882
	0.5	155	157	151	154	3.0551
	0.6	119	116	109	115	4.0000
	0.7	74	82	78	78	4.0000
40	0.3	105	100	100	102	2.8868
	0.4	84	88	86	86	2.0000
	0.5	69	74	79	74	5.0000
	0.6	49	50	51	50	1.0000
	0.7	39	42	39	40	1.7321

ตารางที่ ผ.33 แสดงค่าความหนาแน่นกับอัตราส่วนน้ำ

% ซิลิกา	W/B	ค่าความหนาแน่น (ตัน/ม. ³)				
		1	2	3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
0	0.3	2.17	2.16	2.18	2.17	0.0379
	0.4	2.10	2.11	2.10	2.10	0.0058
	0.5	2.00	1.99	2.00	2.00	0.0058
	0.6	1.93	1.93	1.93	1.93	0.0000
	0.7	1.86	1.86	1.87	1.86	0.0058
40	0.3	2.05	2.05	2.06	2.05	0.0058
	0.4	1.98	1.98	1.99	1.98	0.0058
	0.5	1.90	1.90	1.90	1.90	0.0000
	0.6	1.82	1.83	1.83	1.83	0.0058
	0.7	1.81	1.81	1.81	1.81	0.0000

W/B = อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน

%ซิลิกา = ซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์

ตารางที่ ผ.34 แสดงค่าพีเอชกับอัตราส่วนน้ำ

% ซิลิกา	W/B	ค่าพีเอช				
		1	2	3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
0	0.3	12.10	12.10	12.09	12.10	0.0058
	0.4	12.14	12.17	12.17	12.16	0.0173
	0.5	12.19	12.20	12.21	12.20	0.0100
	0.6	12.21	12.21	12.21	12.21	0.0000
	0.7	12.21	12.20	12.21	12.21	0.0058
40	0.3	12.14	12.12	12.11	12.12	0.0153
	0.4	12.17	12.17	12.16	12.17	0.0058
	0.5	12.19	12.21	12.22	12.21	0.0153
	0.6	12.24	12.25	12.21	12.23	0.0208
	0.7	12.23	12.24	12.23	12.23	0.0058

ตารางที่ ผ.35 แสดงค่าสภาพนำไฟฟ้ากับอัตราส่วนน้ำ

% ซิลิกา	W/B	ค่าสภาพนำไฟฟ้า (มิกลิซีเมนต์/เซนติเมตร)				
		1	2	3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
0	0.3	9.92	9.92	9.91	9.92	0.0058
	0.4	9.69	9.41	9.75	9.28	0.1815
	0.5	8.87	8.95	9.21	9.01	0.1778
	0.6	7.94	8.05	8.20	8.06	0.1305
	0.7	8.02	7.94	8.03	8.00	0.0493
40	0.3	9.76	9.83	9.72	9.77	0.0557
	0.4	9.51	9.78	9.80	9.70	0.1620
	0.5	9.50	9.74	9.97	9.74	0.2350
	0.6	9.25	9.28	9.08	9.20	0.1079
	0.7	8.98	9.18	8.68	8.95	0.2517

W/B - อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน

%ซิลิกา - ซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้เป็นตัวเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์

ตารางที่ ผ.36 แสดงค่าความเป็นด่างกับอัตราส่วนน้ำ

% จีลีกา	W/B	ค่าความเป็นด่าง (มก./ก.ของหินปูน)				
		1	2	3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
0	0.3	2180	2200	2220	2200	20.0000
	0.4	2220	2260	2220	2234	23.0940
	0.5	2300	2300	2340	2314	23.0940
	0.6	2240	2360	2360	2354	11.5470
	0.7	2420	2420	2380	2406	23.0940
40	0.3	2280	2280	2240	2266	23.0940
	0.4	2400	2360	2400	2386	23.0940
	0.5	2400	2400	2440	2414	23.0940
	0.6	2440	2460	2460	2454	11.5470
	0.7	2480	2440	2440	2466	23.0940

ตารางที่ ผ.37 แสดงค่าความความเข้มข้นของปรอทกับอัตราส่วนน้ำ

% จีลีกา	W/B	ค่าความเข้มข้นของปรอท (มก./ก.)				
		1	2	3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
0	0.3	0.040	0.040	0.040	0.040	0.0000
	0.4	0.040	0.038	0.038	0.039	0.0012
	0.5	0.038	0.036	0.036	0.037	0.0012
	0.6	0.040	0.040	0.042	0.041	0.0012
	0.7	0.046	0.046	0.046	0.046	0.0000
40	0.3	0.060	0.060	0.062	0.061	0.0012
	0.4	0.060	0.058	0.056	0.058	0.0020
	0.5	0.054	0.056	0.054	0.055	0.0012
	0.6	0.062	0.060	0.058	0.060	0.0020
	0.7	0.064	0.066	0.064	0.065	0.0012

W/B = อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน

%จีลีกา = จีลีกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์

ตารางที่ ผ.38 แสดงค่าความเข้มข้นของเหล็กกับอัตราส่วนน้ำ

% ซิลิกา	W/B	ค่าความเข้มข้นของเหล็ก (มก./ท.)				
		1	2	3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
0	0.3	0.172	0.180	0.162	0.172	0.0090
	0.4	0.180	0.146	0.180	0.169	0.0196
	0.5	0.168	0.176	0.160	0.168	0.0080
	0.6	0.162	0.180	0.162	0.168	0.0104
	0.7	0.164	0.158	0.182	0.168	0.0125
40	0.3	0.164	0.178	0.184	0.175	0.0103
	0.4	0.172	0.174	0.174	0.173	0.0012
	0.5	0.172	0.172	0.168	0.171	0.0023
	0.6	0.170	0.180	0.164	0.171	0.0081
	0.7	0.176	0.174	0.160	0.170	0.0087

W/B - อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน

%ซิลิกา - ซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วเป็นเปอร์เซนต์โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์

การทดลองที่ 3/1 ศึกษาผลของระยะเวลาบ่มตัวที่ใช้ในการหล่อก้อนซีเมนต์

ก. ตะกอนโลหะหนักจากการบำบัดน้ำเสียซีไอดี

ตารางที่ ผ.39 แสดงค่ากำลังรับแรงอัดกับระยะเวลาบ่ม

% ซิลิกา	ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ค่ากำลังรับแรงอัด (กก./ซม. ²)				
		1	2	3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
0	1	77	66	89	77	11.5036
	3	95	113	108	105	9.2916
	7	157	154	132	148	13.6504
	14	191	176	179	182	7.9373
	28	229	207	215	217	11.1355
40	1	30	29	30	30	0.5774
	3	42	41	42	42	0.5774
	7	66	65	65	65	0.5774
	14	89	89	86	88	1.7321
	28	115	110	107	111	4.0415

ตารางที่ ผ.40 แสดงค่าความหนาแน่นกับระยะเวลาบ่ม

% ซิลิกา	ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ค่าความหนาแน่น (คันท./ม. ³)				
		1	2	3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
0	1	1.94	1.96	1.96	1.95	0.0115
	3	1.97	1.96	1.96	1.96	0.0058
	7	2.04	1.99	1.99	2.00	0.0289
	14	1.99	2.01	2.01	2.00	0.0115
	28	2.07	2.06	2.04	2.06	0.0153
40	1	1.84	1.84	1.84	1.84	0.0000
	3	1.86	1.86	1.86	1.86	0.0000
	7	1.87	1.88	1.90	1.88	0.0153
	14	1.90	1.90	1.91	1.90	0.0151
	28	1.92	1.93	1.93	1.93	0.0058

%ซิลิกา - ซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์

ตารางที่ พ.41 แสดงค่าที่เอชกับระยะเวลาบ่ม

% ชีติกา	ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ค่าที่เอช				
		1	2	3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
0	1	12.43	12.43	12.43	12.43	0.0000
	3	12.43	12.43	12.43	12.43	0.0000
	7	12.42	12.43	12.42	12.42	0.0000
	14	12.42	12.42	12.42	12.42	0.0000
	28	12.42	12.42	12.42	12.42	0.0000
40	1	12.48	12.49	12.49	12.49	0.0058
	3	12.48	12.49	12.49	12.49	0.0058
	7	12.48	12.48	12.48	12.48	0.0000
	14	12.48	12.48	12.48	12.48	0.0000
	28	12.48	12.48	12.48	12.48	0.0000

%ชีติกา = ชีติกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์

ตารางที่ พ.42 แสดงค่าสภาพนำไฟฟ้ากับระยะเวลาบ่ม

% ชีติกา	ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ค่าสภาพนำไฟฟ้า (มิลลิซีเมนต์/เซนติเมตร)				
		1	2	3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
0	1	32.70	31.10	31.90	31.90	0.8000
	3	30.40	29.10	29.80	29.77	0.6506
	7	28.30	27.20	28.40	27.97	0.6658
	14	28.00	27.70	26.30	27.33	0.9074
	28	23.10	25.40	25.40	24.63	1.3279
40	1	35.00	33.30	34.50	34.27	0.8737
	3	33.00	33.40	33.80	33.40	0.4000
	7	30.20	30.90	31.20	30.77	0.5132
	14	29.80	30.60	29.90	30.10	0.4359
	28	26.20	27.50	26.20	26.63	0.7506

%ชีติกา = ชีติกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์

ตารางที่ ผ.43 แสดงค่าความเป็นด่างกับระยะเวลาบ่ม

% ซิลิกา	ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ค่าความเป็นด่าง (มก./ก.ของหินปูน)				
		1	2	3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
0	1	3850	3900	3900	3883	28.8675
	3	3850	3890	3850	3863	23.0940
	7	3820	3780	3790	3797	20.8167
	14	3760	3760	3770	3763	5.7735
	28	3620	3610	3650	3627	20.8167
40	1	4050	4050	4060	4053	5.7735
	3	3920	3960	3950	3943	20.8167
	7	3880	3900	3870	3883	15.2753
	14	3880	3860	3840	3860	20.0000
	28	3840	3860	3840	3847	11.5470

%ซิลิกา - ซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์

ตารางที่ ผ.44 แสดงค่าความความเข้มข้นของปรอทกับระยะเวลาบ่ม

% ซิลิกา	ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ค่าความเข้มข้นของปรอท (มก./ก.)				
		1	2	3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
0	1	0.280	0.270	0.274	0.275	0.0050
	3	0.210	0.208	0.216	0.211	0.0042
	7	0.139	0.140	0.143	0.141	0.0021
	14	0.120	0.127	0.126	0.124	0.0038
	28	0.120	0.118	0.118	0.118	0.0012
40	1	0.346	0.350	0.342	0.346	0.0040
	3	0.262	0.254	0.240	0.252	0.0111
	7	0.170	0.172	0.178	0.173	0.0042
	14	0.160	0.162	0.159	0.160	0.0015
	28	0.152	0.148	0.144	0.148	0.0040

%ซิลิกา - ซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์

ตารางที่ ผ.45 แสดงค่าความเข้มข้นของโครเมียมกับระยะเวลาบ่ม

% ซิลิกา	ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ค่าความเข้มข้นของโครเมียม (มก./ล.)				
		1	2	3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
0	1	0.716	0.676	0.712	0.701	0.0220
	3	0.530	0.510	0.530	0.523	0.0115
	7	0.163	0.160	0.161	0.161	0.0017
	14	0.149	0.149	0.151	0.150	0.0012
	28	0.139	0.144	0.147	0.143	0.0040
40	1	0.980	1.016	1.052	1.016	0.0360
	3	0.660	0.681	0.756	0.699	0.0505
	7	0.207	0.216	0.219	0.214	0.0062
	14	0.201	0.210	0.218	0.210	0.0082
	28	0.196	0.190	0.198	0.195	0.0042

%ซิลิกา - ซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์

ตารางที่ ผ.46 แสดงค่าความเข้มข้นของเหล็กกับระยะเวลาบ่ม

% ซิลิกา	ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ค่าความเข้มข้นของเหล็ก (มก./ล.)				
		1	2	3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
0	1	0.230	0.206	0.234	0.223	0.0151
	3	0.192	0.192	0.184	0.189	0.0046
	7	0.168	0.184	0.168	0.173	0.0092
	14	0.124	0.144	0.156	0.141	0.0162
	28	0.092	0.108	0.108	0.103	0.0092
40	1	0.274	0.274	0.310	0.286	0.0208
	3	0.216	0.252	0.252	0.240	0.0208
	7	0.176	0.209	0.191	0.192	0.0165
	14	0.161	0.170	0.177	0.169	0.0080
	28	0.137	0.180	0.162	0.160	0.0216

%ซิลิกา - ซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์

ข. ตะกอนจากการระเหิดจากหลอดฟลูออเรสเซนต์

ตารางที่ ผ.47 แสดงค่ากำลังรับแรงอัดกับระยะเวลาบ่ม

% ซิลิกา	ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ค่ากำลังรับแรงอัด (กก./ซม. ²)				
		1	2	3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
0	1	114	100	107	107	7.0000
	3	124	121	139	128	7.8740
	7	167	173	167	169	3.4641
	14	169	179	185	178	8.0829
	28	219	204	195	206	12.1244
40	1	39	37	37	38	1.1547
	3	50	47	51	49	2.0817
	7	75	75	65	73	5.7735
	14	87	90	83	87	3.5119
	28	99	115	100	105	8.9629

%ซิลิกา - ซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์

ตารางที่ ผ.48 แสดงค่าความหนาแน่นกับระยะเวลาบ่ม

% ซิลิกา	ระยะเวลาบ่ม	ค่าความหนาแน่น (ตัน/ม. ³)				
		1	2	3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
0	1	1.98	1.92	2.01	1.97	0.0458
	3	1.98	2.02	1.98	1.99	0.0231
	7	1.95	2.00	2.04	2.00	0.0451
	14	1.98	2.03	2.03	2.01	0.0289
	28	2.02	2.05	2.07	2.05	0.0252
40	1	1.81	1.80	1.75	1.79	0.0321
	3	1.84	1.84	1.82	1.83	0.0115
	7	1.89	1.89	1.89	1.89	0.0000
	14	1.87	1.92	1.89	1.89	0.0252
	28	1.95	1.97	1.92	1.95	0.0252

%ซิลิกา - ซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์

ตารางที่ ผ.49 แสดงค่าพีเอชกับระยะเวลาบ่ม

% ซิติกาฯ	ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ค่าพีเอช				
		1	2	3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
0	1	12.20	12.20	12.20	12.20	0.0000
	3	12.18	12.21	12.20	12.20	0.0058
	7	12.19	12.19	12.19	12.19	0.0000
	14	12.18	12.19	12.19	12.19	0.0058
	28	12.18	12.19	12.19	12.19	0.0058
40	1	12.23	12.23	12.23	12.23	0.0000
	3	12.22	12.23	12.22	12.22	0.0058
	7	12.21	12.21	12.21	12.21	0.0000
	14	12.21	12.21	12.21	12.21	0.0000
	28	12.21	12.20	12.21	12.21	0.0058

%ซิติกาฯ - ซิติกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์

ตารางที่ ผ.50 แสดงค่าสภาพนำไฟฟ้ากับระยะเวลาบ่ม

% ซิติกาฯ	ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ค่าสภาพนำไฟฟ้า (มิลลิซีเมนต/เซนติเมตร)				
		1	2	3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
0	1	8.51	8.51	8.67	8.56	0.0924
	3	8.61	8.64	8.68	8.64	0.0351
	7	8.37	8.72	8.71	8.60	0.1992
	14	8.84	8.33	7.87	8.34	0.4852
	28	7.61	7.58	8.17	7.79	0.3323
40	1	9.60	9.53	9.72	9.62	0.0961
	3	9.66	9.57	9.59	9.61	0.0473
	7	9.50	9.32	9.85	9.56	0.2695
	14	9.41	9.23	9.76	9.47	0.2695
	28	9.01	9.36	9.55	9.31	0.2739

%ซิติกาฯ - ซิติกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์

ตารางที่ ผ.51 แสดงค่าความเป็นด่างกับระยะเวลาบ่ม

% ซิลิกา	ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ค่าความเป็นด่าง (มก./ก.ของหินปูน)				
		1	2	3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
0	1	2300	2300	2300	2300	0.0000
	3	2280	2280	2280	2280	0.0000
	7	2270	2270	2270	2270	0.0000
	14	2250	2250	2250	2250	0.0000
	28	2240	2240	2240	2240	0.0000
40	1	2370	2360	2370	2367	5.7735
	3	2330	2330	2350	2337	11.5470
	7	2350	2330	2320	2333	15.2753
	14	2310	2320	2310	2313	5.7733
	28	2260	22700	2270	2267	5.7735

%ซิลิกา - ซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์

ตารางที่ ผ.52 แสดงค่าความความเข้มข้นของปรอทกับระยะเวลาบ่ม

% ซิลิกา	ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ค่าความเข้มข้นของปรอท (มก./ก.)				
		1	2	3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
0	1	0.043	0.043	0.045	0.044	0.0012
	3	0.043	0.042	0.042	0.042	0.0058
	7	0.039	0.040	0.041	0.040	0.0010
	14	0.027	0.030	0.028	0.028	0.0015
	28	0.015	0.019	0.020	0.018	0.0026
40	1	0.070	0.067	0.071	0.069	0.0021
	3	0.062	0.067	0.068	0.066	0.0044
	7	0.060	0.063	0.061	0.061	0.0015
	14	0.047	0.043	0.043	0.044	0.0023
	28	0.036	0.037	0.033	0.035	0.0021

%ซิลิกา - ซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์

ตารางที่ ผ.53 แสดงค่าความเข้มข้นของเหล็กกับระยะเวลาบ่ม

% ซิลิกา	ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ค่าความเข้มข้นของเหล็ก (มก./ก.)				
		1	2	3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
0	1	0.254	0.248	0.270	0.257	0.0114
	3	0.212	0.216	0.230	0.219	0.0095
	7	0.172	0.194	0.177	0.181	0.0115
	14	0.191	0.204	0.193	0.196	0.0070
	28	0.180	0.186	0.186	0.157	0.0035
40	1	0.276	0.290	0.272	0.279	0.0095
	3	0.228	0.216	0.231	0.225	0.0079
	7	0.202	0.208	0.210	0.207	0.0042
	14	0.206	0.210	0.202	0.206	0.0040
	28	0.177	0.140	0.182	0.166	0.0229

%ซิลิกา = ซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทดลองที่ 3/2 ศึกษาอัตราส่วนของวัสดุประสานที่เหมาะสมของตะกอนโปรทซัดไฟด์เพิ่มเติม

ก. ตะกอนโทหะหนักจากการบำบัดน้ำเสียซีไอคิ

ตารางที่ พ.54 แสดงค่ากำลังรับแรงอัดกับอัตราส่วนซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว

% ซิลิกา	ค่ากำลังรับแรงอัด (กก./ซม. ^๒)			
	1	2	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
50	54	51	53	2.1213
60	45	43	44	1.4142
70	34	35	35	0.7071
80	33	26	30	4.9497
90	21	27	24	4.2426
100	16	14	15	1.4142

% ซิลิกา - ซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์

ตารางที่ พ.55 แสดงค่าความหนาแน่นกับอัตราส่วนซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว

% ซิลิกา	ค่าความหนาแน่น (ค.น./ม. ^๓)			
	1	2	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
50	1.91	1.90	1.91	0.0071
60	1.88	1.88	1.88	0.0000
70	1.86	1.86	1.86	0.0000
80	1.85	1.84	1.85	0.0071
90	1.83	1.85	1.84	0.0141
100	1.83	1.81	1.82	0.0141

% ซิลิกา - ซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์

ตารางที่ พ.56 แสดงค่าพีเอชกับอัตราส่วนซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว

% ซิลิกา	ค่าพีเอช			
	1	2	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
50	12.64	12.65	12.65	0.0071
60	12.65	12.65	12.65	0.0000
70	12.65	12.066	12.65	0.0000
80	12.65	12.66	12.66	0.0071
90	12.66	12.66	12.66	0.0000
100	12.67	12.67	12.67	0.0000

ตารางที่ พ.57 แสดงค่าสภาพนำไฟฟ้ากับอัตราส่วนซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว

% ซิลิกา	ค่าสภาพนำไฟฟ้า (มิลลิซีเมนต์/เซนติเมตร)			
	1	2	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
50	37.50	37.60	37.55	0.0707
60	38.30	41.10	39.70	1.9800
70	38.70	41.00	39.85	1.6263
80	41.95	43.75	41.80	1.2728
90	42.15	41.45	42.85	0.4950
100	43.20	42.65	42.93	0.3889

ตารางที่ พ.58 แสดงค่าความเป็นด่างกับอัตราส่วนซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว

% ซิลิกา	ค่าความเป็นด่าง (มก./ต.)			
	1	2	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
50	3930	3940	3935	7.0711
60	3950	3950	3950	0.0000
70	3960	3970	3965	7.0711
80	3960	3970	3965	7.0711
90	3970	3980	3975	7.0711
100	3980	3980	3980	0.0000

% ซิลิกา = ซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์

ตารางที่ ผ.59 แสดงค่าความเข้มข้นของปรอทกับอัตราส่วนซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว

% ซิลิกา	ปรอท (มก./ท.)			
	1	2	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
50	0.184	0.174	0.179	0.0071
60	0.188	0.200	0.194	0.0085
70	0.212	0.213	0.213	0.0000
80	0.232	0.232	0.232	0.0000
90	0.261	0.268	0.265	0.0049
100	0.312	0.296	0.304	0.0113

ตารางที่ ผ.60 แสดงค่าความเข้มข้นของโครเมียมกับอัตราส่วนซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว

% ซิลิกา	โครเมียม (มก./ท.)			
	1	2	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
50	0.172	0.175	0.261	0.0021
60	0.201	0.215	0.312	0.0099
70	0.232	0.244	0.357	0.0085
80	0.246	0.260	0.380	0.0099
90	0.268	0.268	0.402	0.0000
100	0.272	0.309	0.437	0.0262

ตารางที่ ผ.61 แสดงค่าความเข้มข้นของเหล็กกับอัตราส่วนซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว

% ซิลิกา	เหล็ก (มก./ท.)			
	1	2	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
50	0.180	0.192	0.205	0.0085
60	0.192	0.198	0.218	0.0042
70	0.264	0.240	0.278	0.0170
80	0.318	0.300	0.343	0.0127
90	0.342	0.354	0.383	0.0085
100	0.396	0.420	0.449	0.0170

% ซิลิกา = ซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์

ตารางที่ ผ.62 แสดงค่าความซึมได้ของน้ำกับระยะเวลาบ่ม

% ซึติกา	ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ค่าความซึมได้ของน้ำ ($\times 10^{-7}$ ซม./ว.)				
		1	2	3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
60	3	6.40	5.27	4.30	5.32	1.0510
	7	0.617	0.843	0.831	0.764	0.1216
	14	0.113	0.109	0.118	0.113	0.0451
	28	0.0628	0.0579	0.0568	0.0591	0.3194

ข. ตะกอนโลหะหนักจากการชะล้างกากหลอมคฟลูออเรสเซนซ์ซีเมนต์

ตารางที่ ผ.63 แสดงค่ากำลังรับแรงอัดกับอัตราส่วนซิติกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว

% ซึติกา	ค่ากำลังรับแรงอัด (กก./ซม. ²)			
	1	2	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
50	43	46	45	2.1213
60	43	42	43	0.7071
70	32	35	34	2.1213
80	26	26	26	0.0000
90	16	15	16	0.7071
100	14	14	14	0.0000

ตารางที่ ผ.64 แสดงค่าความหนาแน่นกับอัตราส่วนซิติกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว

% ซึติกา	ค่าความหนาแน่น (ตัน/ม. ³)			
	1	2	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
50	1.81	1.81	1.81	0.0000
60	1.77	1.80	1.79	0.0212
70	1.75	1.76	1.76	0.0071
80	1.75	1.75	1.75	0.0000
90	1.73	1.74	1.74	0.0071
100	1.70	1.67	1.69	0.0212

% ซึติกา = ซึติกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์

ตารางที่ ผ.65 แสดงค่าพีเอชกับอัตราส่วนซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว

% ซิลิกา	ค่าพีเอช			
	1	2	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
50	12.22	12.22	12.22	0.0000
60	12.22	12.23	12.23	0.0071
70	12.23	12.23	12.23	0.0000
80	12.23	12.23	12.23	0.0000
90	12.24	12.24	12.24	0.0000
100	12.25	12.25	12.25	0.0000

ตารางที่ ผ.66 แสดงค่าสภาพนำไฟฟ้ากับอัตราส่วนซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว

% ซิลิกา	ค่าสภาพนำไฟฟ้า (มิลลิซีเมนต์/เซนติเมตร)			
	1	2	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
50	9.65	9.86	9.76	0.1485
60	9.94	10.30	10.12	0.2546
70	10.81	10.96	10.89	0.1061
80	11.37	11.45	11.41	0.0566
90	11.58	11.73	11.66	0.1061
100	11.76	11.65	11.71	0.0778

ตารางที่ ผ.67 แสดงค่าความเป็นค่ากับอัตราส่วนซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว

% ซิลิกา	ค่าความเป็นค่า (มก./ท.)			
	1	2	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
50	2380	2390	2385	7.0711
60	2390	2400	2395	7.0711
70	2400	2400	2400	0.0000
80	2400	2410	2405	7.0711
90	2410	2410	2410	0.0000
100	2420	2420	2420	0.0000

% ซิลิกา - ซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์

ตารางที่ ผ.68 แสดงค่าความเข้มข้นของปรอทกับอัตราส่วนซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว

% ซิลิกา	ปรอท (มก./ล.)			
	1	2	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
50	0.079	0.081	0.080	0.0014
60	0.094	0.094	0.094	0.0000
70	0.124	0.124	0.124	0.0000
80	0.129	0.137	0.133	0.0057
90	0.168	0.157	0.163	0.0078
100	0.187	0.178	0.183	0.0064

ตารางที่ ผ.69 แสดงค่าความเข้มข้นของเหล็กกับอัตราส่วนซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว

% ซิลิกา	เหล็ก (มก./ล.)			
	1	2	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
50	0.256	0.272	0.264	0.0113
60	0.324	0.332	0.328	0.0057
70	0.412	0.436	0.424	0.0170
80	0.480	0.532	0.508	0.0368
90	0.560	0.590	0.580	0.0212
100	0.668	0.668	0.668	0.0000

ตารางที่ ผ.70 แสดงค่าความซึมได้ของน้ำกับระยะเวลาบ่ม

% ซิลิกา	ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ค่าความซึมได้ของน้ำ ($\times 10^3$ ซม./ว.)				
		1	2	3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
60	3	1.49	1.79	1.82	1.70	0.1825
	7	0.341	0.386	0.535	0.421	1.0154
	14	0.140	0.195	0.108	0.148	0.4400
	28	0.0980	0.0728	0.0816	0.0841	1.2790

% ซิลิกา = ซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์

การทดลองที่ 3/3 เปรียบเทียบภาวะละลายตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 6 (2540) กับ
ประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม ฉบับที่ 1 (2531)

ก.ตะกอนโลหะหนักจากน้ำปัดน้ำเสียซีไอดี

ตารางที่ ผ.71 แสดงการเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นของปรอท

ประเภท	ปรอท (มก./ล.)				
	1	2	3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ประกาศฯ (2540)	0.200	0.180	0.190	0.190	0.0100
ประกาศฯ (2531)	0.170	0.180	0.180	0.176	0.0058

ตารางที่ ผ.72 แสดงการเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นของโครเมียม

ประเภท	โครเมียม (มก./ล.)				
	1	2	3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ประกาศฯ (2540)	0.378	0.386	0.396	0.387	0.0090
ประกาศฯ (2531)	0.356	0.350	0.360	0.355	0.0050

ตารางที่ ผ.73 แสดงการเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นของเหล็ก

ประเภท	เหล็ก (มก./ล.)				
	1	2	3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ประกาศฯ (2540)	0.224	0.234	0.237	0.232	0.0068
ประกาศฯ (2531)	0.215	0.212	0.196	0.208	0.0102

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ๗.74 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของน้ำระเหยตามระยะเวลาที่เปลี่ยนไป

ชั่วโมงที่	พีเอช				
	1	2	3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
เริ่มต้น	11.86	11.80	11.83	11.83	0.0300
1	11.74	11.70	11.72	11.72	0.0200
2	11.22	11.18	11.20	11.20	0.0200
3	11.05	11.05	11.05	11.05	0.0000
4	11.05	11.05	11.05	11.05	0.0000
5	10.54	10.54	10.54	10.54	0.0000
6	10.44	10.44	10.44	10.44	0.0000
7	9.89	9.89	9.89	9.89	0.0000
8	9.40	9.40	9.40	9.40	0.0000
9	9.00	9.00	9.00	9.00	0.0000
10	8.75	8.75	8.75	8.75	0.0000
11	8.68	8.68	8.68	8.68	0.0000
12	8.55	8.55	8.55	8.55	0.0000
13	7.74	7.74	7.74	7.74	0.0000
14	7.01	7.01	7.01	7.01	0.0000
15	5.81	5.81	5.81	5.81	0.0000
16	5.71	5.71	5.71	5.71	0.0000
17	5.71	5.71	5.71	5.71	0.0000
18	5.65	5.65	5.65	5.65	0.0000

ข. ตะกอนโลหะหนักจากการระเหยจากหลอดฟลูออเรสเซนต์

ตารางที่ ๗.75 แสดงการเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นของปรอท

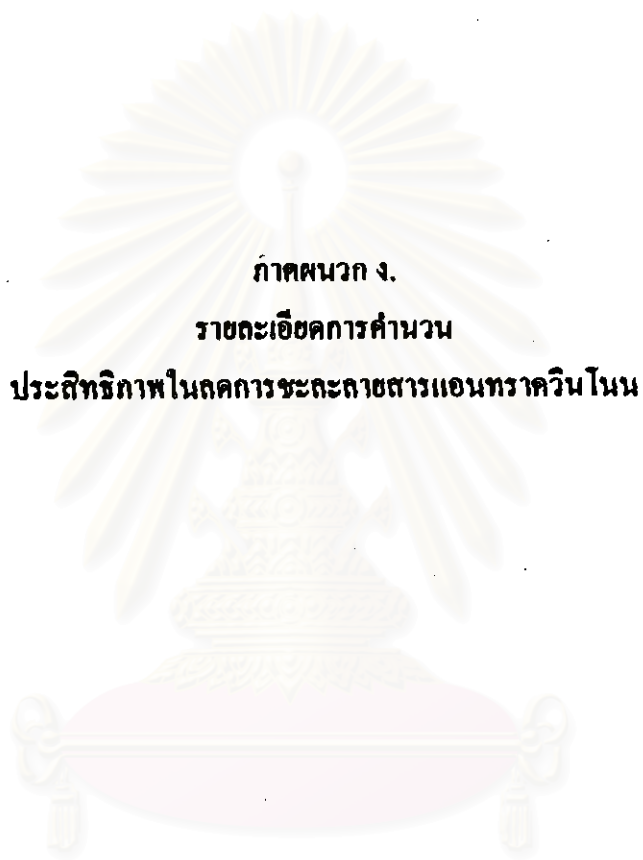
ประเภท	ปรอท (มก./ล.)				
	1	2	3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ประกาศฯ (2540)	0.198	0.180	0.180	0.186	0.0104
ประกาศฯ (2531)	0.171	0.171	0.180	0.174	0.0052

ตารางที่ ผ.76 แสดงการเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นของเหล็ก

ประเภท	เหล็ก (มก./ล.)				
	1	2	3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ประกาศฯ (2540)	0.737	0.751	0.758	0.749	0.0107
ประกาศฯ (2531)	0.650	0.703	0.694	0.682	0.0284

ตารางที่ ผ.77 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของน้ำระลอกตามระยะเวลาที่เปลี่ยนไป

ชั่วโมงที่	พีเอช				
	1	2	3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
เริ่มต้น	11.57	11.52	11.53	11.54	0.0265
1	11.38	11.39	11.38	11.38	0.0058
2	10.72	10.72	10.72	10.72	0.0000
3	10.65	10.65	10.65	10.65	0.0000
4	10.57	10.57	10.57	10.57	0.0000
5	10.34	10.34	10.34	10.34	0.0000
6	10.00	10.00	10.00	10.00	0.0000
7	9.53	9.53	9.53	9.53	0.0000
8	9.08	9.08	9.08	9.08	0.0000
9	8.25	8.25	8.25	8.25	0.0000
10	7.69	7.69	7.69	7.69	0.0000
11	7.50	7.50	7.50	7.50	0.0000
12	7.29	7.29	7.29	7.29	0.0000
13	7.09	7.09	7.09	7.09	0.0000
14	7.07	7.07	7.07	7.07	0.0000
15	6.54	6.54	6.54	6.54	0.0000
16	6.09	6.09	6.09	6.09	0.0000
17	6.00	6.00	6.00	6.00	0.0000
18	5.86	5.86	5.86	5.86	0.0000



ภาคผนวก ง.
รายละเอียดการคำนวณ
ประสิทธิภาพในลดการชะงักงาขารแอนทราควินโนน

สถาบันวิทย์บริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทดลองที่ 3/4 เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดการถูกระคายของสารแอนทราควินโนน

เครื่อง Polarography

หลักการ

ใช้การวิเคราะห์ Polarography แบบ Differential Pulse ในสารละลายบัฟเฟอร์ของ Ammoniacal Base Electrolyte โดยแปรค่าความต่างศักย์ทางไฟฟ้าเป็นความสูงของเส้นกราฟ และอ่านค่าจากเส้นกราฟ แปรผลเป็นความเข้มข้นของสารที่ต้องการวัด โดยใช้ตัวแปรเทียบกับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานของแอนทราควินโนน

สารตั้งต้น

1. สารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์
2. สารละลาย Tylose
3. สารละลายมาตรฐานของแอนทราควินโนน

หลักการทำงาน

1. สารอินทรีย์จะเป็นสารที่มีขั้ว และเมื่ออยู่ในสนามไฟฟ้าจะเกิดการแตกตัว
2. เมื่อสารละลายมาตรฐานของแอนทราควินโนนถูกกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า จะเกิดการแตกตัว แล้ววัดค่าความต่างศักย์ที่เกิดขึ้นนำมาเขียนเป็นเส้นกราฟมาตรฐาน
3. นำสารละลายตัวอย่างที่ต้องการทราบไปวัดค่า แล้วนำเส้นกราฟที่ได้มาเทียบค่ากับเส้นกราฟมาตรฐาน ก็จะทราบค่าความเข้มข้นของตัวอย่าง

วิธีทำการทดลอง

1. ตักตัวอย่างที่บดแล้วขนาด 0.50 มม. ตามจำนวนที่คำนวณไว้ใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 50 มล.
2. ควงสารเมทธานอล 10 มล. เทใส่ลงในบีกเกอร์
3. กวนด้วยแท่งแม่เหล็กบนเครื่องกวนนาน 10 นาที
4. กรองสารละลายที่ได้ด้วยกระดาษกรอง
5. ชั่งน้ำหนักสารละลายที่ได้ แล้วนำไปวิเคราะห์หาสารแอนทราควินโนน

ก. ตะกอนโลหะหนักจากการบำบัดน้ำเสียซีไอที

การคำนวณผลการวิเคราะห์สารแอนทราควิน โนนจากเครื่อง Polarography

1. ซิติกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว

กระดาษตัวอย่างหนัก	1	ก. ด้วยสารเมทธานอล ได้สารละลายหนัก	5.2666	ก.
เครื่องอ่านค่าสารแอนทราควิน โนนได้			5.35	มก./ก.
ดังนั้นในซิติกาฯ	1	ก. จะมีสารฯ ถูกกระดาษ	=	5.2666*5.35
			=	28.18
				มก.

2. ตัวอย่างผสมปูนซีเมนต์ + ซิติกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว 60% + ตะกอนโลหะหนัก 0

ปูนซีเมนต์	:	ซิติกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว	:	ตะกอนโลหะหนัก	:	น้ำ
100	:	60	:	0	:	80
1.67	:	1	:	0	:	1.33
ดังนั้น ตัวอย่างหนัก	4.00	ก. จะมีซิติกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วผสมอยู่	1	ก.		
กระดาษตัวอย่างหนัก	4.00	ก. ด้วยสารเมทธานอล ได้สารละลายหนัก	5.0110	ก.		
เครื่องอ่านค่าสารแอนทราควิน โนนได้			2.225	มก./ก.		
ดังนั้นในตัวอย่าง	5.33	ก. จะมีสารฯ ถูกกระดาษ	=	5.0110*2.225		
			=	11.15	มก.	

3. ตัวอย่างผสมปูนซีเมนต์ + ซิติกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว 60% + ตะกอนโลหะหนัก 0.50

ปูนซีเมนต์	:	ซิติกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว	:	ตะกอนโลหะหนัก	:	น้ำ
100	:	60	:	80	:	80
1.67	:	1	:	1.33	:	1.33
ดังนั้น ตัวอย่างหนัก	5.33	ก. จะมีซิติกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วผสมอยู่	1	ก.		
กระดาษตัวอย่างหนัก	5.33	ก. ด้วยสารเมทธานอล ได้สารละลายหนัก	5.3069	ก.		
เครื่องอ่านค่าสารแอนทราควิน โนนได้			1.996	มก./ก.		
ดังนั้นในตัวอย่าง	5.33	ก. จะมีสารฯ ถูกกระดาษ	=	5.3069*1.996		
			=	10.59	มก.	

ความสามารถในการถูกระยะลายสามารถเขียนเป็นสูตรได้ดังนี้

$$L = Wi / Wo$$

โดยที่ L = ความสามารถในการถูกระยะลาย

Wi = ความเข้มข้นของสารที่ถูกระยะลายออกไป

Wo = ความเข้มข้นของสารที่มีอยู่ตอนเริ่มต้น

๗๐๑

ก. การทำตะกอนโลหะหนักจากการบำบัดน้ำเสียซีไอดี

ความสามารถถูกระยะลายของสารแอนทราควิน โนนก่อนการทำให้เป็นก้อน

จากตารางที่ 5.75 พบว่ามีปริมาณสารแอนทราควิน โนนในสารสกัด(Wi) = 28.18 มก.

จากตารางที่ 3.3ซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว 1 ก. มีสารแอนทราควิน โนน (Wo) = 39.54 มก.

$$\begin{aligned} Lo &= Wi / Wo \\ &= 28.18/39.54 \\ &= 0.71 \quad \text{มก./มก.} \end{aligned}$$

อัตราส่วนผสมตะกอนโลหะหนักต่อวัสดุประสาน=0 อัตราส่วนซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วต่อปูนซีเมนต์ 60% อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน 0.50 ระยะเวลาป่ม 7 วัน

ความสามารถถูกระยะลายของสารแอนทราควิน โนนหลังการทำให้เป็นก้อน

จากตารางที่ 5.75 สารแอนทราควิน โนนในสารสกัดมีค่า (Wi) = 11.15 ก.

จากตารางที่ 3.3ซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว 1 ก. มีสารแอนทราควิน โนน (Wo) = 39.54 ก.

$$\begin{aligned} Lo &= Wi / Wo \\ &= 11.15/39.54 \\ &= 0.28 \quad \text{มก./มก.} \end{aligned}$$

ประสิทธิภาพในการลดการละลายของสารแอนทราควิน โนน

$$\begin{aligned} E &= (Lo - Ls) * 100/Lo \\ &= (0.71 - 0.28) * 100 / 0.71 \\ &= 60.56 \quad \% \end{aligned}$$

อัตราส่วนผสมตะกอนโลหะหนักต่อวัสดุประสาน = 0.50 อัตราส่วนซิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วต่อปูนซีเมนต์ 60% อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน 0.50 ระยะเวลาป่ม 7 วัน

ความสามารถถูกชะละลายของสารแอนทราควินโนนหลังการทำให้เป็นก้อน

จากตารางที่ 5.75 สารแอนทราควินโนนในสารสกัดมีค่า (Wi) = 10.59 ก.

จากตารางที่ 3.3 ซิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว 1 ก. มีสารแอนทราควินโนน (Wo) = 39.54 ก.

$$\begin{aligned} L_o &= W_i / W_o \\ &= 10.59 / 39.54 \\ &= 0.27 \quad \text{มก./มก.} \end{aligned}$$

ประสิทธิภาพในการลดการชะละลายของสารแอนทราควินโนน

$$\begin{aligned} E &= (L_o - L_s) * 100 / L_o \\ &= (0.71 - 0.27) * 100 / 0.71 \\ &= 61.97 \quad \% \end{aligned}$$

ข. ตะกอนโลหะหนักจากการชะล้างกากหลอมฟลูออเรสเซนต์

1. ซิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว

ชะละลายตัวอย่างหนัก 1 ก. ด้วยสารเมทธานอล ได้สารละลายหนัก 5.2666 ก.
 เครื่องอ่านค่าสารแอนทราควินโนนได้ 5.35 มก./ก.
 ดังนั้นในซิกา 1 ก. จะมีสารฯ ถูกชะละลาย = $5.2666 * 5.35$
 = 28.18 มก.

2. ตัวอย่างผสมปูนซีเมนต์ + ซิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว 100% + ตะกอนโลหะหนัก 0

ปูนซีเมนต์	:	ซิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว	:	ตะกอนโลหะหนัก	:	น้ำ
100	:	100	:	0	:	100
1	:	1	:	0	:	1

ดังนั้น ตัวอย่างหนัก 3.00 ก. จะมีซิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วผสมอยู่ 1 ก.

ชะละลายตัวอย่างหนัก 3.00 ก. ด้วยสารเมทธานอล ได้สารละลายหนัก 4.9549 ก.

เครื่องอ่านค่าสารแอนทราควินโนนได้ 1.387 มก./ก.

ดังนั้นในตัวอย่าง 5.33 ก. จะมีสารฯ ถูกชะละลาย = $4.9549 * 1.387$

= 6.87 มก.

3. ตัวอย่างผสมปูนซีเมนต์ + ชิกกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว 100% + ตะกอนโลหะหนัก 0.50

ปูนซีเมนต์	:	ชิกกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว	:	ตะกอนโลหะหนัก	:	น้ำ
100	:	100	:	150	:	100
1	:	1	:	1.5	:	1

ดังนั้น ตัวอย่างหนัก	4.50	ก. จะมีชิกกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วผสมอยู่	1	ก.
ระยะลายตัวอย่างหนัก	4.50	ก. ด้วยสารเมทรานอล ได้สารระยะลายหนัก	4.7189	ก.
เครื่องอ่านค่าสารแอนทราควินโนนได้			2.294	มก./ก.
ดังนั้นในตัวอย่าง 5.33 ก. จะมีสารฯ ถูกระยะลาย		=	4.7189*2.294	
		=	10.83	มก.

ความสามารถในการถูกระยะลายสามารถเขียนเป็นสูตร ได้ดังนี้

$$L = Wi / Wo$$

โดยที่	L	=	ความสามารถในการถูกระยะลาย
	Wi	=	ความเข้มข้นของสารที่ถูกระยะลายออกไป
	Wo	=	ความเข้มข้นของสารที่มีอยู่ตอนเริ่มต้น

ความสามารถถูกระยะลายของสารแอนทราควินโนนก่อนการทำให้เป็นก้อน

จากตารางที่ 5.75 พบว่ามีปริมาณสารแอนทราควินโนนในสารสกัด(Wi) = 28.18 มก.

จากตารางที่ 3.3 ชิกกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว 1 ก. มีสารแอนทราควินโนน (Wo) = 39.54 มก.

$$Lo = Wi / Wo$$

$$= 28.18 / 39.54$$

$$= 0.71 \quad \text{มก./มก.}$$

อัตราส่วนผสมตะกอนโลหะหนักต่อวัสดุประสาน=0 อัตราส่วนชิกกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วต่อปูนซีเมนต์ 100% อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน 0.50 ระยะเวลาบ่ม 3 วัน

ความสามารถถูกระยะลายของสารแอนทราควินโนนหลังการทำให้เป็นก้อน

จากตารางที่ 5.77 สารแอนทราควินโนนในสารสกัดมีค่า (Wi) = 6.87 ก.

จากตารางที่ 3.3 ชิกกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว 1 ก. มีสารแอนทราควินโนน (Wo) = 39.54 ก.

$$\begin{aligned}
 Lo &= Wi / Wo \\
 &= 6.87/39.54 \\
 &= 0.17 \qquad \text{มก./มก.}
 \end{aligned}$$

ประสิทธิภาพในการลดการชะละลายของสารแอนทราควิน โนน

$$\begin{aligned}
 E &= (Lo - Ls) * 100/Lo \\
 &= (0.71 - 0.17) * 100 / 0.71 \\
 &= 76.06 \qquad \%
 \end{aligned}$$

อัตราส่วนผสมตะกอนโลหะหนักต่อวัสดุประสาน = 0.75 อัตราส่วนซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วต่อปูนซีเมนต์ 100% อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน 0.50 ระยะเวลาบ่ม 3 วัน

ความสามารถถูกชะละลายของสารแอนทราควิน โนนหลังการทำให้เป็นก้อน

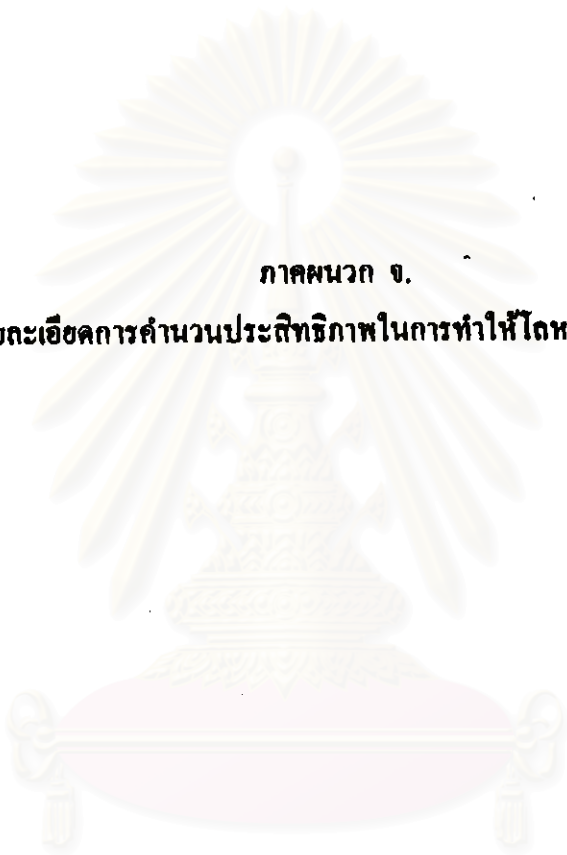
$$\begin{aligned}
 \text{จากตารางที่ 5.77 สารแอนทราควิน โนนในสารสกัดมีค่า (Wi)} &= 11.00 \text{ ก.} \\
 \text{จากตารางที่ 3.3ซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว 1 ก. มีสารแอนทราควิน โนน (Wo)} &= 39.54 \text{ ก.}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Lo &= Wi / Wo \\
 &= 11.00/39.54 \\
 &= 0.28 \qquad \text{มก./มก.}
 \end{aligned}$$

ประสิทธิภาพในการลดการชะละลายของสารแอนทราควิน โนน

$$\begin{aligned}
 E &= (Lo - Ls) * 100/Lo \\
 &= (0.71 - 0.28) * 100 / 0.71 \\
 &= 60.56 \qquad \%
 \end{aligned}$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ง.
รายละเอียดการคำนวณประสิทธิภาพในการทำให้โลหะหนักคงตัว

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทดลองที่ 4/1 เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดการถูกระคายของปรอท

ความสามารถในการถูกระคายสามารถเขียนเป็นสูตรได้ดังนี้

$$L = Wi / Wo$$

โดยที่ L = ความสามารถในการถูกระคาย

Wi = ความเข้มข้นของสารที่ถูกระคายออกไป

Wo = ความเข้มข้นของสารที่มีอยู่ตอนเริ่มต้น

ก. การทำตะกอนโลหะหนักจากการบำบัดน้ำเสียซีโอไซด์

1.1 ประสิทธิภาพในการทำให้ปรอทคงตัว

ความสามารถถูกระคายของปรอทก่อนการทำให้คงตัว

นำตะกอน โลหะหนักจากการบำบัดน้ำเสียซีโอไซด์ไประเหย

จากตารางที่ 5.5 พบว่ามีปริมาณปรอทในน้ำสกัดเท่ากับ 6.67 มก./ล.

ในน้ำระเหย 500 มล. มีปรอท (Wi) = $6.67 \times 500 / 1000$

$$= 3.355 \text{ มก.}$$

จากตารางที่ 5.2 ตะกอนโลหะหนัก 1 กรัมมีปรอทเท่ากับ 3.78 มก.

ในตะกอนโลหะหนัก 50 กรัม มีปรอท (Wo) = $3.78 \times 50 / 1000$

$$= 0.189 \text{ ก.}$$

$$Lo = Wi / Wo$$

$$= 3.355 / 0.189$$

$$= 17.75 \text{ มก./ก.}$$

อัตราส่วนผสมตะกอนโลหะหนักต่อวัสดุประสาน 0.50 อัตราส่วนซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วต่อ

ปูนซีเมนต์ 0 % อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน 0.50

ระยะเวลาบ่ม 1 วัน

ความสามารถถูกระคายของปรอทหลังการทำให้คงตัว

จากตารางที่ 5.41 ปรอทในน้ำสกัดมีค่าเท่ากับ 0.275 มก./ล.

ในน้ำระเหย 500 มล. มีปรอท (Wi) = $0.275 \times 500 / 1000$

$$= 0.138 \text{ มก.}$$

ใช้ตัวอย่าง 50 กรัมที่ประกอบด้วยตะกอนโลหะหนัก 0.50 ส่วน วัสดุประสาน 1 ส่วน
น้ำ 0.5 ส่วน

ตะกอนโลหะหนักในตัวอย่าง	=	$0.50 \cdot 50 / (0.50 + 1 + 0.5)$	
	=	12.50	ก.
W_o	=	$12.50 \cdot 3.78 / 1000$	
	=	0.047	ก.
L_s	=	W_i / W_o	
	=	$0.138 / 0.047$	
	=	2.94	มก./ก.

ประสิทธิภาพในการทำให้ปรอทคงตัว

E	=	$(L_o - L_s) \cdot 100 / L_o$	
	=	$(17.75 - 2.94) \cdot 100 / 17.75$	
	=	83.44	%

ระยะเวลาป่น 3 วัน

ความสามารถถูกชะละลายของปรอทหลังการทำให้คงตัว

จากตารางที่ 5.41 ปรอทในน้ำสกัดมีค่าเท่ากับ		0.211	มก./ล.
ในน้ำชะละลาย 500 มล. มีปรอท (W_i)	=	$0.211 \cdot 500 / 1000$	
	=	0.106	มก.

ใช้ตัวอย่าง 50 กรัมที่ประกอบด้วยตะกอนโลหะหนัก 0.50 ส่วน วัสดุประสาน 1 ส่วน
น้ำ 0.5 ส่วน

ตะกอนโลหะหนักในตัวอย่าง	=	$0.50 \cdot 50 / (0.50 + 1 + 0.5)$	
	=	12.50	ก.
W_o	=	$12.50 \cdot 3.78 / 1000$	
	=	0.047	ก.
L_s	=	W_i / W_o	
	=	$0.106 / 0.047$	
	=	2.26	มก./ก.

ประสิทธิภาพในการทำให้ปรอทคงตัว

$$\begin{aligned}
 E &= (L_o - L_s) * 100 / L_o \\
 &= (17.75 - 2.26) * 100 / 17.75 \\
 &= 87.27 \quad \%
 \end{aligned}$$

ระยะเวลาบ่ม 7 วัน

ความสามารถถูกชะละลายของปรอทหลังการทำให้คงตัว

$$\begin{aligned}
 &\text{จากตารางที่ 5.41 ปรอทในน้ำสกัดมีค่าเท่ากับ} && 0.141 && \text{มก./ก.} \\
 &\text{ในน้ำชะละลาย 500 มล. มีปรอท (W_i)} && = && 0.141 * 500 / 1000 \\
 & && = && 0.071 && \text{มก.}
 \end{aligned}$$

ใช้ตัวอย่าง 50 กรัมที่ประกอบด้วยตะกอนโลหะหนัก 0.50 ส่วน วัสดุประสาน 1 ส่วน
น้ำ 0.5 ส่วน

$$\begin{aligned}
 &\text{ตะกอนโลหะหนักในตัวอย่าง} && = && 0.50 * 50 / (0.50 + 1 + 0.5) \\
 & && = && 12.50 && \text{ก.} \\
 &W_o && = && 12.50 * 3.78 / 1000 \\
 & && = && 0.047 && \text{ก.} \\
 &L_s && = && W_i / W_o \\
 & && = && 0.071 / 0.047 \\
 & && = && 1.51 && \text{มก./ก.}
 \end{aligned}$$

ประสิทธิภาพในการทำให้ปรอทคงตัว

$$\begin{aligned}
 E &= (L_o - L_s) * 100 / L_o \\
 &= (17.75 - 1.51) * 100 / 17.75 \\
 &= 91.49 \quad \%
 \end{aligned}$$

ระยะเวลาบ่ม 14 วัน

ความสามารถถูกชะละลายของปรอทหลังการทำให้คงตัว

$$\begin{aligned}
 &\text{จากตารางที่ 5.41 ปรอทในน้ำสกัดมีค่าเท่ากับ} && 0.124 && \text{มก./ก.} \\
 &\text{ในน้ำชะละลาย 500 มล. มีปรอท (W_i)} && = && 0.124 * 500 / 1000 \\
 & && = && 0.062 && \text{มก.}
 \end{aligned}$$

ใช้ตัวอย่าง 50 กรัมที่ประกอบด้วยตะกอนโลหะหนัก 0.50 ส่วน วัสดุประสาน 1 ส่วน
น้ำ 0.5 ส่วน

ตะกอนโลหะหนักในตัวอย่าง	=	$0.50 \cdot 50 / (0.50 + 1 + 0.5)$	
	=	12.50	ก.
W_o	=	$12.50 \cdot 3.78 / 1000$	
	=	0.047	ก.
L_s	=	W_i / W_o	
	=	$0.062 / 0.047$	
	=	1.32	มก./ก.

ประสิทธิภาพในการทำให้ปรอทคงตัว

E	=	$(L_o - L_s) \cdot 100 / L_o$	
	=	$(17.75 - 1.32) \cdot 100 / 17.75$	
	=	92.56	%

ระยะเวลาปัม 28 วัน

ความสามารถดูดซับของปรอทหลังการทำให้คงตัว

จากตารางที่ 5.41 ปรอทในน้ำสกัดมีค่าเท่ากับ		0.118	มก./ก.
ในน้ำระเหย 500 มล. มีปรอท (W_i)	=	$0.118 \cdot 500 / 1000$	
	=	0.059	มก.

ใช้ตัวอย่าง 50 กรัมที่ประกอบด้วยตะกอนโลหะหนัก 0.50 ส่วน วัสดุประสาน 1 ส่วน
น้ำ 0.5 ส่วน

ตะกอนโลหะหนักในตัวอย่าง	=	$0.50 \cdot 50 / (0.50 + 1 + 0.5)$	
	=	12.50	ก.
W_o	=	$12.50 \cdot 3.78 / 1000$	
	=	0.047	ก.
L_s	=	W_i / W_o	
	=	$0.059 / 0.047$	
	=	1.26	มก./ก.

ประสิทธิภาพในการทำให้ปรอทคงตัว

$$\begin{aligned}
 E &= (L_o - L_s) * 100 / L_o \\
 &= (17.75 - 1.26) * 100 / 17.75 \\
 &= 92.90 \quad \%
 \end{aligned}$$

อัตราส่วนผสมตะกอนโลหะหนักต่อวัสดุประสาน 0.50 ส่วน
ปูนซีเมนต์ 40 % อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน 0.50
ระยะเวลาบ่ม 1 วัน

ความสามารถถูกชะละลายของปรอทหลังการทำให้คงตัว

$$\begin{aligned}
 &\text{จากตารางที่ 5.41 ปรอทในน้ำสกัดมีค่าเท่ากับ} && 0.346 && \text{มก./ก.} \\
 &\text{ในน้ำชะละลาย 500 มล. มีปรอท (W_i)} && = && 0.346 * 500 / 1000 \\
 & && = && 0.173 && \text{มก.}
 \end{aligned}$$

ใช้ตัวอย่าง 50 กรัมที่ประกอบด้วยตะกอนโลหะหนัก 0.50 ส่วน วัสดุประสาน 1 ส่วน
น้ำ 0.5 ส่วน

$$\begin{aligned}
 &\text{ตะกอนโลหะหนักในตัวอย่าง} && = && 0.50 * 50 / (0.50 + 1 + 0.5) \\
 & && = && 12.50 && \text{ก.} \\
 &W_o && = && 12.50 * 3.78 / 1000 \\
 & && = && 0.047 && \text{ก.} \\
 &L_s && = && W_i / W_o \\
 & && = && 0.173 / 0.047 \\
 & && = && 3.68 && \text{มก./ก.}
 \end{aligned}$$

ประสิทธิภาพในการทำให้ปรอทคงตัว

$$\begin{aligned}
 E &= (L_o - L_s) * 100 / L_o \\
 &= (17.75 - 3.68) * 100 / 17.75 \\
 &= 79.27 \quad \%
 \end{aligned}$$

ระยะเวลาบ่ม 3 วัน

ความสามารถถูกชะละลายของปรอทหลังการทำให้คงตัว

$$\begin{aligned}
 &\text{จากตารางที่ 5.41 ปรอทในน้ำสกัดมีค่าเท่ากับ} && 0.252 && \text{มก./ก.} \\
 &\text{ในน้ำชะละลาย 500 มล. มีปรอท (W_i)} && = && 0.252 * 500 / 1000 \\
 & && = && 0.126 && \text{มก.}
 \end{aligned}$$

ใช้ตัวอย่าง 50 กรัมที่ประกอบด้วยตะกอนโลหะหนัก 0.50 ส่วน วัสดุประสาน 1 ส่วน
น้ำ 0.5 ส่วน

ตะกอนโลหะหนักในตัวอย่าง	=	$0.50 \times 50 / (0.50 + 1 + 0.5)$	
	=	12.50	ก.
Wo	=	$12.50 \times 3.78 / 1000$	
	=	0.047	ก.
Ls	=	Wi / Wo	
	=	$0.126 / 0.047$	
	=	2.68	มก./ก.

ประสิทธิภาพในการทำให้ปรอทคงตัว

E	=	$(Lo - Ls) \times 100 / Lo$	
	=	$(17.75 - 2.68) \times 100 / 17.75$	
	=	84.90	%

ระยะเวลาปัม 7 วัน

ความสามารถถูกชะละลายของปรอทหลังการทำให้คงตัว

จากตารางที่ 5.41 ปรอทในน้ำสกัดมีค่าเท่ากับ		0.173	มก./ก.
ในน้ำชะละลาย 500 มล. มีปรอท (Wi)	=	$0.173 \times 500 / 1000$	
	=	0.087	มก.

ใช้ตัวอย่าง 50 กรัมที่ประกอบด้วยตะกอนโลหะหนัก 0.50 ส่วน วัสดุประสาน 1 ส่วน
น้ำ 0.5 ส่วน

ตะกอนโลหะหนักในตัวอย่าง	=	$0.50 \times 50 / (0.50 + 1 + 0.5)$	
	=	12.50	ก.
Wo	=	$12.50 \times 3.78 / 1000$	
	=	0.047	ก.
Ls	=	Wi / Wo	
	=	$0.087 / 0.047$	
	=	1.85	มก./ก.

ประสิทธิภาพในการทำให้ปรอทคงตัว

$$\begin{aligned}
 E &= (L_o - L_s) * 100 / L_o \\
 &= (17.75 - 1.85) * 100 / 17.75 \\
 &= 89.58 \quad \%
 \end{aligned}$$

ระยะเวลาปัม 14 วัน

ความสามารถถูกชะละลายของปรอทหลังการทำให้คงตัว

$$\begin{aligned}
 &\text{จากตารางที่ 5.41 ปรอทในน้ำสกัดมีค่าเท่ากับ} && 0.160 && \text{มก./ก.} \\
 &\text{ในน้ำชะละลาย 500 มล. มีปรอท (W_i)} && = && 0.160 * 500 / 1000 \\
 & && = && 0.080 && \text{มก.}
 \end{aligned}$$

ใช้ตัวอย่าง 50 กรัมที่ประกอบด้วยตะกอนโลหะหนัก 0.50 ส่วน วัสดุประสาน 1 ส่วน
น้ำ 0.5 ส่วน

$$\begin{aligned}
 &\text{ตะกอนโลหะหนักในตัวอย่าง} && = && 0.50 * 50 / (0.50 + 1 + 0.5) \\
 & && = && 12.50 && \text{ก.} \\
 &W_o && = && 12.50 * 3.78 / 1000 \\
 & && = && 0.047 && \text{ก.} \\
 &L_s && = && W_i / W_o \\
 & && = && 0.080 / 0.047 \\
 & && = && 1.70 && \text{มก./ก.}
 \end{aligned}$$

ประสิทธิภาพในการทำให้ปรอทคงตัว

$$\begin{aligned}
 E &= (L_o - L_s) * 100 / L_o \\
 &= (17.75 - 1.70) * 100 / 17.75 \\
 &= 90.42 \quad \%
 \end{aligned}$$

ระยะเวลาปัม 28 วัน

ความสามารถถูกชะละลายของปรอทหลังการทำให้คงตัว

$$\begin{aligned}
 &\text{จากตารางที่ 5.41 ปรอทในน้ำสกัดมีค่าเท่ากับ} && 0.148 && \text{มก./ก.} \\
 &\text{ในน้ำชะละลาย 500 มล. มีปรอท (W_i)} && = && 0.148 * 500 / 1000 \\
 & && = && 0.074 && \text{มก.}
 \end{aligned}$$

ใช้ตัวอย่าง 50 กรัมที่ประกอบด้วยตะกอนโลหะหนัก 0.50 ส่วน วัสดุประสาน 1 ส่วน
น้ำ 0.5 ส่วน

$$\begin{aligned}
 \text{ตะกอนโลหะหนักในตัวอย่าง} &= 0.50 \cdot 50 / (0.50 + 1 + 0.5) \\
 &= 12.50 \quad \text{ก.} \\
 W_o &= 12.50 \cdot 3.78 / 1000 \\
 &= 0.047 \quad \text{ก.} \\
 L_s &= W_i / W_o \\
 &= 0.074 / 0.047 \\
 &= 1.57 \quad \text{มก./ก.}
 \end{aligned}$$

ประสิทธิภาพในการทำให้ปรอทคงตัว

$$\begin{aligned}
 E &= (L_o - L_s) \cdot 100 / L_o \\
 &= (17.75 - 1.57) \cdot 100 / 17.75 \\
 &= 91.15 \quad \%
 \end{aligned}$$

1.2 ประสิทธิภาพในการทำให้โครเมียมคงตัว

ความสามารถดูดซับของโครเมียมก่อนการทำให้คงตัว

นำตะกอนโลหะหนักจากการบำบัดน้ำเสียซีไอดีไประเหย

จากตารางที่ 5.5 พบว่ามีปริมาณโครเมียมในน้ำสกัดเท่ากับ 7.25 มก./ก.

$$\begin{aligned}
 \text{ในน้ำระเหย 500 มก. มีโครเมียม (W}_i\text{)} &= 7.25 \cdot 500 / 1000 \\
 &= 3.625 \quad \text{มก.} \\
 \text{ตะกอนโลหะหนัก 1 กรัมมีโครเมียมเท่ากับ 4.40 มก.} & \\
 \text{ในตะกอนโลหะหนัก 50 กรัม มีโครเมียม (W}_o\text{)} &= 4.40 \cdot 50 / 1000 \quad \text{ก.} \\
 &= 0.22 \quad \text{ก.} \\
 L_o &= W_i / W_o \\
 &= 3.625 / 0.22 \\
 &= 16.48 \quad \text{มก./ก.}
 \end{aligned}$$

อัตราส่วนผสมตะกอนโลหะหนักต่อวัสดุประสาน 0.50 อัตราส่วนซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วต่อ
ปูนซีเมนต์ 0 % อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน 0.50
ระยะเวลาป่ม 1 วัน

ความสามารถถูกชะละลายของโครเมียมหลังการทำให้คงตัว

$$\begin{aligned} \text{จากตารางที่ 5.42 โครเมียมในน้ำสกัดมีค่าเท่ากับ} & 0.701 && \text{มก./ล.} \\ \text{ในน้ำชะละลาย 500 มล. มีโครเมียม (Wi) =} & 0.701 \cdot 500 / 1000 \\ & = 0.351 && \text{มก.} \end{aligned}$$

ใช้ตัวอย่าง 50 กรัมที่ประกอบด้วยตะกอนโลหะหนัก 0.50 ส่วน วัสดุประสาน 1 ส่วน
น้ำ 0.5 ส่วน

$$\begin{aligned} \text{ตะกอนโลหะหนักในตัวอย่าง} & = 0.50 \cdot 50 / (0.50 + 1 + 0.5) \\ & = 12.50 && \text{ก.} \\ \text{Wo} & = 12.50 \cdot 4.40 / 1000 \\ & = 0.055 && \text{ก.} \\ \text{Ls} & = \text{Wi} / \text{Wo} \\ & = 0.351 / 0.055 \\ & = 6.38 && \text{มก./ก.} \end{aligned}$$

ประสิทธิภาพในการทำให้โครเมียมคงตัว

$$\begin{aligned} E & = (\text{Lo} - \text{Ls}) \cdot 100 / \text{Lo} \\ & = (16.48 - 6.38) \cdot 100 / 16.48 \\ & = 61.29 && \% \end{aligned}$$

ระยะเวลาป่ม 3 วัน

ความสามารถถูกชะละลายของโครเมียมหลังการทำให้คงตัว

$$\begin{aligned} \text{จากตารางที่ 5.42 โครเมียมในน้ำสกัดมีค่าเท่ากับ} & 0.523 && \text{มก./ล.} \\ \text{ในน้ำชะละลาย 500 มล. มีโครเมียม (Wi) =} & 0.523 \cdot 500 / 1000 \\ & = 0.262 && \text{มก.} \end{aligned}$$

ใช้ตัวอย่าง 50 กรัมที่ประกอบด้วยตะกอนโลหะหนัก 0.50 ส่วน วัสดุประสาน 1 ส่วน
น้ำ 0.5 ส่วน

$$\begin{aligned} \text{ตะกอนโลหะหนักในตัวอย่าง} & = 0.50 \cdot 50 / (0.50 + 1 + 0.5) \\ & = 12.50 && \text{ก.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_o &= 12.50 \cdot 4.40 / 1000 \\
 &= 0.055 \quad \text{ก.} \\
 L_s &= W_i / W_o \\
 &= 0.262 / 0.055 \\
 &= 4.76 \quad \text{มก./ก.}
 \end{aligned}$$

ประสิทธิภาพในการทำให้โครเมียมคงตัว

$$\begin{aligned}
 E &= (L_o - L_s) \cdot 100 / L_o \\
 &= (16.48 - 4.76) \cdot 100 / 16.48 \\
 &= 71.12 \quad \%
 \end{aligned}$$

ระยะเวลาบ่ม 7 วัน

ความสามารถถูกชะละลายของโครเมียมหลังการทำให้คงตัว

$$\begin{aligned}
 &\text{จากตารางที่ 5.42 โครเมียมในน้ำสกัดมีค่าเท่ากับ} \quad 0.161 \quad \text{มก./ก.} \\
 &\text{ในน้ำชะละลาย 500 มล. มีโครเมียม (W_i) =} \quad 0.161 \cdot 500 / 1000 \\
 &= 0.081 \quad \text{มก.}
 \end{aligned}$$

ใช้ตัวอย่าง 50 กรัมที่ประกอบด้วยตะกอนโลหะหนัก 0.50 ส่วน วัสดุประสาน 1 ส่วน
น้ำ 0.5 ส่วน

$$\begin{aligned}
 &\text{ตะกอนโลหะหนักในตัวอย่าง} \quad = 0.50 \cdot 50 / (0.50 + 1 + 0.5) \\
 &= 12.50 \quad \text{ก.} \\
 W_o &= 12.50 \cdot 4.40 / 1000 \\
 &= 0.055 \quad \text{ก.} \\
 L_s &= W_i / W_o \\
 &= 0.081 / 0.055 \\
 &= 1.47 \quad \text{มก./ก.}
 \end{aligned}$$

ประสิทธิภาพในการทำให้โครเมียมคงตัว

$$\begin{aligned}
 E &= (L_o - L_s) \cdot 100 / L_o \\
 &= (16.48 - 1.47) \cdot 100 / 16.48 \\
 &= 91.08 \quad \%
 \end{aligned}$$

ระยะเวลาบ่ม 14 วัน

ความสามารถถูกชะละลายของโครเมียมหลังการทำให้คงตัว

$$\begin{aligned} \text{จากตารางที่ 5.42 โครเมียมในน้ำสกัดมีค่าเท่ากับ} & 0.150 & \text{มก./ท.} \\ \text{ในน้ำชะละลาย 500 มล. มีโครเมียม (Wi) =} & 0.150 \cdot 500 / 1000 \\ & = 0.075 & \text{มก.} \end{aligned}$$

ใช้ตัวอย่าง 50 กรัมที่ประกอบด้วยตะกอนโลหะหนัก 0.50 ส่วน วัสดุประสาน 1 ส่วน
น้ำ 0.5 ส่วน

$$\begin{aligned} \text{ตะกอนโลหะหนักในตัวอย่าง} & = 0.50 \cdot 50 / (0.50 + 1 + 0.5) \\ & = 12.50 & \text{ก.} \\ \text{Wo} & = 12.50 \cdot 4.40 / 1000 \\ & = 0.055 & \text{ก.} \\ \text{Ls} & = \text{Wi} / \text{Wo} \\ & = 0.075 / 0.055 \\ & = 1.36 & \text{มก./ก.} \end{aligned}$$

ประสิทธิภาพในการทำให้โครเมียมคงตัว

$$\begin{aligned} E & = (\text{Lo} - \text{Ls}) \cdot 100 / \text{Lo} \\ & = (16.48 - 1.36) \cdot 100 / 16.48 \\ & = 91.75 & \% \end{aligned}$$

ระยะเวลาบ่ม 28 วัน

ความสามารถถูกชะละลายของโครเมียมหลังการทำให้คงตัว

$$\begin{aligned} \text{จากตารางที่ 5.42 โครเมียมในน้ำสกัดมีค่าเท่ากับ} & 0.143 & \text{มก./ท.} \\ \text{ในน้ำชะละลาย 500 มล. มีโครเมียม (Wi) =} & 0.143 \cdot 500 / 1000 \\ & = 0.072 & \text{มก.} \end{aligned}$$

ใช้ตัวอย่าง 50 กรัมที่ประกอบด้วยตะกอนโลหะหนัก 0.50 ส่วน วัสดุประสาน 1 ส่วน
น้ำ 0.5 ส่วน

$$\begin{aligned} \text{ตะกอนโลหะหนักในตัวอย่าง} & = 0.50 \cdot 50 / (0.50 + 1 + 0.5) \\ & = 12.50 & \text{ก.} \\ \text{Wo} & = 12.50 \cdot 4.40 / 1000 \\ & = 0.055 & \text{ก.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_s &= W_i / W_o \\
 &= 0.072 / 0.055 \\
 &= 1.31 \quad \text{มก./ก.}
 \end{aligned}$$

ประสิทธิภาพในการทำให้โครเมียมคงตัว

$$\begin{aligned}
 E &= (L_o - L_s) * 100 / L_o \\
 &= (16.48 - 1.31) * 100 / 16.48 \\
 &= 92.05 \quad \%
 \end{aligned}$$

อัตราส่วนผสมตะกอนโลหะหนักต่อวัสดุประสาน 0.50 อัตราส่วนซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วต่อ
ปูนซีเมนต์ 40 % อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน 0.50
ระยะเวลาบ่ม 1 วัน

ความสามารถถูกชะละลายของโครเมียมหลังการทำให้คงตัว

$$\begin{aligned}
 &\text{จากตารางที่ 5.42 โครเมียมในน้ำสกัดมีค่าเท่ากับ} && 1.016 \quad \text{มก./ก.} \\
 &\text{ในน้ำชะละลาย 500 มล. มีโครเมียม (W_i) =} && 1.016 * 500 / 1000 \\
 & && = 0.508 \quad \text{มก.}
 \end{aligned}$$

ใช้ตัวอย่าง 50 กรัมที่ประกอบด้วยตะกอนโลหะหนัก 0.50 ส่วน วัสดุประสาน 1 ส่วน
น้ำ 0.5 ส่วน

$$\begin{aligned}
 &\text{ตะกอนโลหะหนักในตัวอย่าง} && = 0.50 * 50 / (0.50 + 1 + 0.5) \\
 & && = 12.50 \quad \text{ก.} \\
 &W_o &= 12.50 * 4.40 / 1000 \\
 & &= 0.055 \quad \text{ก.} \\
 &L_s &= W_i / W_o \\
 & &= 0.508 / 0.055 \\
 & &= 9.24 \quad \text{มก./ก.}
 \end{aligned}$$

ประสิทธิภาพในการทำให้โครเมียมคงตัว

$$\begin{aligned}
 E &= (L_o - L_s) * 100 / L_o \\
 &= (16.48 - 9.24) * 100 / 16.48 \\
 &= 43.93 \quad \%
 \end{aligned}$$

ระยะเวลาบ่ม 3 วัน

ความสามารถอุกษะละลายของโครเมียมหลังการทำให้คงตัว

$$\begin{aligned} \text{จากตารางที่ 5.42 โครเมียมในน้ำสกัดมีค่าเท่ากับ} & 0.699 \quad \text{มก./ก.} \\ \text{ในน้ำชะละลาย 500 มก. มีโครเมียม (Wi) =} & 0.699 * 500 / 1000 \\ & = 0.350 \quad \text{มก.} \end{aligned}$$

ใช้ตัวอย่าง 50 กรัมที่ประกอบด้วยตะกอนโลหะหนัก 0.50 ส่วน วัสดุประสาน 1 ส่วน
น้ำ 0.5 ส่วน

$$\begin{aligned} \text{ตะกอนโลหะหนักในตัวอย่าง} & = 0.50 * 50 / (0.50 + 1 + 0.5) \\ & = 12.50 \quad \text{ก.} \\ \text{Wo} & = 12.50 * 4.40 / 1000 \\ & = 0.055 \quad \text{ก.} \\ \text{Ls} & = \text{Wi} / \text{Wo} \\ & = 0.350 / 0.055 \\ & = 6.36 \quad \text{มก./ก.} \end{aligned}$$

ประสิทธิภาพในการทำให้โครเมียมคงตัว

$$\begin{aligned} \text{E} & = (\text{Lo} - \text{Ls}) * 100 / \text{Lo} \\ & = (16.48 - 6.36) * 100 / 16.48 \\ & = 61.41 \quad \text{\%} \end{aligned}$$

ระยะเวลาบ่ม 7 วัน

ความสามารถอุกษะละลายของโครเมียมหลังการทำให้คงตัว

$$\begin{aligned} \text{จากตารางที่ 5.42 โครเมียมในน้ำสกัดมีค่าเท่ากับ} & 0.214 \quad \text{มก./ก.} \\ \text{ในน้ำชะละลาย 500 มก. มีโครเมียม (Wi) =} & 0.214 * 500 / 1000 \\ & = 0.107 \quad \text{มก.} \end{aligned}$$

ใช้ตัวอย่าง 50 กรัมที่ประกอบด้วยตะกอนโลหะหนัก 0.50 ส่วน วัสดุประสาน 1 ส่วน
น้ำ 0.5 ส่วน

$$\begin{aligned} \text{ตะกอนโลหะหนักในตัวอย่าง} & = 0.50 * 50 / (0.50 + 1 + 0.5) \\ & = 12.50 \quad \text{ก.} \\ \text{Wo} & = 12.50 * 4.40 / 1000 \\ & = 0.055 \quad \text{ก.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_s &= W_i / W_o \\
 &= 0.107 / 0.055 \\
 &= 1.95 \quad \text{มก./ก.}
 \end{aligned}$$

ประสิทธิภาพในการทำให้โครเมียมคงตัว

$$\begin{aligned}
 E &= (L_o - L_s) * 100 / L_o \\
 &= (16.48 - 1.95) * 100 / 16.48 \\
 &= 88.17 \quad \%
 \end{aligned}$$

ระยะเวลาบ่ม 14 วัน

ความสามารถถูกชะละลายของโครเมียมหลังการทำให้คงตัว

$$\begin{aligned}
 &\text{จากตารางที่ 5.42 โครเมียมในน้ำสกัดมีค่าเท่ากับ} \quad 0.210 \quad \text{มก./ก.} \\
 &\text{ในน้ำชะละลาย 500 มก. มีโครเมียม (W_i) = } \quad 0.210 * 500 / 1000 \\
 &= 0.105 \quad \text{มก.}
 \end{aligned}$$

ใช้ตัวอย่าง 50 กรัมที่ประกอบด้วยตะกอนโลหะหนัก 0.50 ส่วน วัสดุประสาน 1 ส่วน
น้ำ 0.5 ส่วน

$$\begin{aligned}
 &\text{ตะกอนโลหะหนักในตัวอย่าง} \quad = 0.50 * 50 / (0.50 + 1 + 0.5) \\
 &= 12.50 \quad \text{ก.} \\
 &W_o = 12.50 * 4.40 / 1000 \\
 &= 0.055 \quad \text{ก.} \\
 &L_s = W_i / W_o \\
 &= 0.105 / 0.055 \\
 &= 1.91 \quad \text{มก./ก.}
 \end{aligned}$$

ประสิทธิภาพในการทำให้โครเมียมคงตัว

$$\begin{aligned}
 E &= (L_o - L_s) * 100 / L_o \\
 &= (16.48 - 1.91) * 100 / 16.48 \\
 &= 88.41 \quad \%
 \end{aligned}$$

ระยะเวลาบ่ม 28 วัน

ความสามารถถูกชะละลายของโครเมียมหลังการทำให้คงตัว

$$\begin{aligned}
 &\text{จากตารางที่ 5.42 โครเมียมในน้ำสกัดมีค่าเท่ากับ} \quad 0.195 \quad \text{มก./ก.} \\
 &\text{ในน้ำชะละลาย 500 มก. มีโครเมียม (W_i) = } \quad 0.195 * 500 / 1000 \\
 &= 0.098 \quad \text{มก.}
 \end{aligned}$$

ใช้ตัวอย่าง 50 กรัมที่ประกอบด้วยตะกอนโลหะหนัก 0.50 ส่วน วัสดุประสาน 1 ส่วน
น้ำ 0.5 ส่วน

$$\begin{aligned}
 \text{ตะกอนโลหะหนักในตัวอย่าง} &= 0.50 \cdot 50 / (0.50 + 1 + 0.5) \\
 &= 12.50 \quad \text{ก.} \\
 W_o &= 12.50 \cdot 4.40 / 1000 \\
 &= 0.055 \quad \text{ก.} \\
 L_s &= W_i / W_o \\
 &= 0.098 / 0.055 \\
 &= 1.78 \quad \text{มก./ก.}
 \end{aligned}$$

ประสิทธิภาพในการทำให้โครเมียมคงตัว

$$\begin{aligned}
 E &= (L_o - L_s) \cdot 100 / L_o \\
 &= (16.48 - 1.78) \cdot 100 / 16.48 \\
 &= 89.20 \quad \%
 \end{aligned}$$

ข. ตะกอนโลหะหนักจากการชะล้างภาคผลออกฟลูออเรสเซนต์

2.1 ประสิทธิภาพในการทำให้ปรอทคงตัว

ความสามารถถูกชะละลายของปรอทก่อนการทำให้คงตัว

นำตะกอนโลหะหนักจากการชะล้างภาคผลออกฟลูออเรสเซนต์ไปละลาย
จากตารางที่ 5.5 พบว่ามีปริมาณปรอทในน้ำสกัดเท่ากับ 3.07 มก./ก.

$$\begin{aligned}
 \text{ในน้ำชะละลาย 500 มล. มีปรอท (W_i)} &= 3.07 \cdot 500 / 1000 \\
 &= 1.535 \quad \text{มก.} \\
 \text{จากตารางที่ 5.3 ตะกอนโลหะหนัก 1 กรัมมีปรอทเท่ากับ} &3.69 \quad \text{มก.} \\
 \text{ในตะกอนโลหะหนัก 50 กรัมมีปรอท (W_o)} &= 3.69 \cdot 50 / 1000 \\
 &= 0.185 \quad \text{ก.} \\
 L_o &= W_i / W_o \\
 &= 1.535 / 0.185 \\
 &= 8.30 \quad \text{มก./ก.}
 \end{aligned}$$

อัตราส่วนผสมตะกอนโลหะหนักต่อวัสดุประสาน 0.75
ปูนซีเมนต์ 0 % อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน 0.50
ระยะเวลาบ่ม 1 วัน

อัตราส่วนซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วต่อ

ความสามารถถูกชะละลายของปรอทหลังการทำให้คงตัว
จากตารางที่ 5.49 ปรอทในน้ำสกัดมีค่าเท่ากับ 0.044 มก./ก.
ในน้ำชะละลาย 500 มล. มีปรอท (Wi) = $0.044 \times 500 / 1000$
= 0.022 มก.

ใช้ตัวอย่าง 50 กรัมที่ประกอบด้วยตะกอนโลหะหนัก 0.75 ส่วน วัสดุประสาน 1 ส่วน
น้ำ 0.5 ส่วน

ตะกอนโลหะหนักในตัวอย่าง = $0.75 \times 50 / (0.75 + 1 + 0.5)$
= 16.67 ก.
Wo = $16.67 \times 3.69 / 1000$
= 0.062 ก.
Ls = Wi / Wo
= $0.022 / 0.062$
= 0.35 มก./ก.

ประสิทธิภาพในการทำให้ปรอทคงตัว

E = $(Lo - Ls) \times 100 / Lo$
= $(8.30 - 0.35) \times 100 / 8.30$
= 95.78 %

ระยะเวลาบ่ม 3 วัน

ความสามารถถูกชะละลายของปรอทหลังการทำให้คงตัว
จากตารางที่ 5.49 ปรอทในน้ำสกัดมีค่าเท่ากับ 0.042 มก./ก.
ในน้ำชะละลาย 500 มล. มีปรอท (Wi) = $0.042 \times 500 / 1000$
= 0.021 มก.

ใช้ตัวอย่าง 50 กรัมที่ประกอบด้วยตะกอนโลหะหนัก 0.75 ส่วน วัสดุประสาน 1 ส่วน
น้ำ 0.5 ส่วน

ตะกอนโลหะหนักในตัวอย่าง = $0.75 \times 50 / (0.75 + 1 + 0.5)$
= 16.67 ก.

$$\begin{aligned}
 W_o &= 16.67 * 3.69 / 1000 \\
 &= 0.062 && \text{ก.} \\
 L_s &= W_i / W_o \\
 &= 0.021 / 0.062 \\
 &= 0.34 && \text{มก./ก.}
 \end{aligned}$$

ประสิทธิภาพในการทำให้ปรอทคงตัว

$$\begin{aligned}
 E &= (L_o - L_s) * 100 / L_o \\
 &= (8.30 - 0.34) * 100 / 8.30 \\
 &= 95.90 && \%
 \end{aligned}$$

ระยะเวลาบ่ม 7 วัน

ความสามารถดูดซับของปรอทหลังการทำให้คงตัว

$$\begin{aligned}
 &\text{จากตารางที่ 5.49 ปรอทในน้ำสกัดมีค่าเท่ากับ} && 0.040 && \text{มก./ก.} \\
 &\text{ในน้ำชะละลาย 500 มก. มีปรอท (W_i)} && = && 0.040 * 500 / 1000 \\
 & && = && 0.020 && \text{มก.}
 \end{aligned}$$

ใช้ตัวอย่าง 50 กรัมที่ประกอบด้วยตะกอนโลหะหนัก 0.75 ส่วน วัสดุประสาน 1 ส่วน
น้ำ 0.5 ส่วน

$$\begin{aligned}
 &\text{ตะกอนโลหะหนักในตัวอย่าง} && = && 0.75 * 50 / (0.75 + 1 + 0.5) \\
 & && = && 16.67 && \text{ก.} \\
 W_o &= 16.67 * 3.69 / 1000 \\
 &= 0.062 && \text{ก.} \\
 L_s &= W_i / W_o \\
 &= 0.020 / 0.062 \\
 &= 0.32 && \text{มก./ก.}
 \end{aligned}$$

ประสิทธิภาพในการทำให้ปรอทคงตัว

$$\begin{aligned}
 E &= (L_o - L_s) * 100 / L_o \\
 &= (8.30 - 0.32) * 100 / 8.30 \\
 &= 96.14 && \%
 \end{aligned}$$

ระยะเวลาบ่ม 14 วัน

ความสามารถดูดซับของโปรทหลังการทำให้คงตัว

จากตารางที่ 5.49 โปรทในน้ำสกัดมีค่าเท่ากับ	0.028	มก./ก.
ในน้ำชะละลาย 500 มก. มีโปรท (Wi)	= 0.028*500/1000	
	= 0.014	มก.

ใช้ตัวอย่าง 50 กรัมที่ประกอบด้วยตะกอนโลหะหนัก 0.75 ส่วน วัสดุประสาน 1 ส่วน
น้ำ 0.5 ส่วน

ตะกอนโลหะหนักในตัวอย่าง	=	$0.75*50/(0.75+1+0.5)$	
	=	16.67	ก.
Wo	=	$16.67*3.69/1000$	
	=	0.062	ก.
Ls	=	Wi / Wo	
	=	$0.014/0.062$	
	=	0.23	มก./ก.

ประสิทธิภาพในการทำให้โปรทคงตัว

E	=	$(Lo - Ls) * 100/Lo$	
	=	$(8.30 - 0.23) * 100 / 8.30$	
	=	98.62	%

ระยะเวลาบ่ม 28 วัน

ความสามารถดูดซับของโปรทหลังการทำให้คงตัว

จากตารางที่ 5.49 โปรทในน้ำสกัดมีค่าเท่ากับ	0.018	มก./ก.
ในน้ำชะละลาย 500 มก. มีโปรท (Wi)	= 0.018*500/1000	
	= 0.009	มก.

ใช้ตัวอย่าง 50 กรัมที่ประกอบด้วยตะกอนโลหะหนัก 0.75 ส่วน วัสดุประสาน 1 ส่วน
น้ำ 0.5 ส่วน

ตะกอนโลหะหนักในตัวอย่าง	=	$0.75*50/(0.75+1+0.5)$	
	=	16.67	ก.
Wo	=	$16.67*3.69/1000$	
	=	0.062	ก.

$$\begin{aligned}
 L_s &= W_i / W_o \\
 &= 0.009 / 0.062 \\
 &= 0.15 \quad \text{มก./ก.}
 \end{aligned}$$

ประสิทธิภาพในการทำให้ปรอทคงตัว

$$\begin{aligned}
 E &= (L_o - L_s) * 100 / L_o \\
 &= (8.30 - 0.15) * 100 / 8.30 \\
 &= 99.10 \quad \%
 \end{aligned}$$

อัตราส่วนผสมตะกอนโลหะหนักต่อวัสดุประสาน 0.75
ปูนซีเมนต์ 40 % อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน 0.50
ระยะเวลาบ่ม 1 วัน

อัตราส่วนซิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วต่อ

ความสามารถถูกระยะเวลาของปรอทหลังการทำให้คงตัว

$$\begin{aligned}
 &\text{จากตารางที่ 5.49 ปรอทในน้ำสกัดมีค่าเท่ากับ} \quad 0.069 \quad \text{มก./ก.} \\
 &\text{ในน้ำระยะเวลา 500 มก. มีปรอท (W}_i\text{)} \quad = 0.069 * 500 / 1000 \\
 &\quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad = 0.035 \quad \text{มก.}
 \end{aligned}$$

ใช้ตัวอย่าง 50 กรัมที่ประกอบด้วยตะกอนโลหะหนัก 0.75 ส่วน วัสดุประสาน 1 ส่วน
น้ำ 0.5 ส่วน

$$\begin{aligned}
 &\text{ตะกอนโลหะหนักในตัวอย่าง} \quad = 0.75 * 50 / (0.75 + 1 + 0.5) \\
 &\quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad = 16.67 \quad \text{ก.} \\
 &W_o \quad = 16.67 * 3.69 / 1000 \\
 &\quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad = 0.062 \quad \text{ก.} \\
 &L_s \quad = W_i / W_o \\
 &\quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad = 0.035 / 0.062 \\
 &\quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad = 0.56 \quad \text{มก./ก.}
 \end{aligned}$$

ประสิทธิภาพในการทำให้ปรอทคงตัว

$$\begin{aligned}
 E &= (L_o - L_s) * 100 / L_o \\
 &= (8.30 - 0.56) * 100 / 8.30 \\
 &= 96.64 \quad \%
 \end{aligned}$$

ระยะเวลาป่น 3 วัน

ความสามารถถูกระดาษของปรอทหลังการทำให้คงตัว

จากตารางที่ 5.49 ปรอทในน้ำสกัดมีค่าเท่ากับ	0.066	มก./ก.
ในน้ำกระดาษ 500 มก. มีปรอท (Wi)	= 0.066*500/1000	
	= 0.033	มก.

ใช้ตัวอย่าง 50 กรัมที่ประกอบด้วยตะกอนโลหะหนัก 0.75 ส่วน วัสดุประสาน 1 ส่วน
น้ำ 0.5 ส่วน

ตะกอนโลหะหนักในตัวอย่าง	=	$0.75*50/(0.75+1+0.5)$	
	=	16.67	ก.
Wo	=	$16.67*3.69/1000$	
	=	0.062	ก.
Ls	=	Wi / Wo	
	=	$0.033/0.062$	
	=	0.53	มก./ก.

ประสิทธิภาพในการทำให้ปรอทคงตัว

E	=	$(Lo - Ls) * 100/Lo$	
	=	$(8.30 - 0.53) * 100 / 8.30$	
	=	96.82	%

ระยะเวลาป่น 7 วัน

ความสามารถถูกระดาษของปรอทหลังการทำให้คงตัว

จากตารางที่ 5.49 ปรอทในน้ำสกัดมีค่าเท่ากับ	0.061	มก./ก.
ในน้ำกระดาษ 500 มก. มีปรอท (Wi)	= 0.061*500/1000	
	= 0.031	มก.

ใช้ตัวอย่าง 50 กรัมที่ประกอบด้วยตะกอนโลหะหนัก 0.75 ส่วน วัสดุประสาน 1 ส่วน
น้ำ 0.5 ส่วน

ตะกอนโลหะหนักในตัวอย่าง	=	$0.75*50/(0.75+1+0.5)$	
	=	16.67	ก.
Wo	=	$16.67*3.69/1000$	
	=	0.062	ก.

$$\begin{aligned}
 L_s &= W_i / W_o \\
 &= 0.031 / 0.062 \\
 &= 0.50 \quad \text{มก./ก.}
 \end{aligned}$$

ประสิทธิภาพในการทำให้ปรอทคงตัว

$$\begin{aligned}
 E &= (L_o - L_s) * 100 / L_o \\
 &= (8.30 - 0.50) * 100 / 8.30 \\
 &= 97.00 \quad \%
 \end{aligned}$$

ระยะเวลาปัม 14 วัน

ความสามารถถูกชะละลายของปรอทหลังการทำให้คงตัว

$$\begin{aligned}
 &\text{จากตารางที่ 5.49 ปรอทในน้ำสกัดมีค่าเท่ากับ} \quad 0.044 \quad \text{มก./ก.} \\
 &\text{ในน้ำชะละลาย 500 มก. มีปรอท (W_i)} \quad = 0.044 * 500 / 1000 \\
 &\quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad = 0.022 \quad \text{มก.}
 \end{aligned}$$

ใช้ตัวอย่าง 50 กรัมที่ประกอบด้วยตะกอนโลหะหนัก 0.75 ส่วน วัสดุประสาน 1 ส่วน
น้ำ 0.5 ส่วน

$$\begin{aligned}
 &\text{ตะกอนโลหะหนักในตัวอย่าง} \quad = 0.75 * 50 / (0.75 + 1 + 0.5) \\
 &\quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad = 16.67 \quad \text{ก.} \\
 &W_o \quad = 16.67 * 3.69 / 1000 \\
 &\quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad = 0.062 \quad \text{ก.} \\
 &L_s \quad = W_i / W_o \\
 &\quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad = 0.022 / 0.062 \\
 &\quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad = 0.35 \quad \text{มก./ก.}
 \end{aligned}$$

ประสิทธิภาพในการทำให้ปรอทคงตัว

$$\begin{aligned}
 E &= (L_o - L_s) * 100 / L_o \\
 &= (8.30 - 0.35) * 100 / 8.30 \\
 &= 97.90 \quad \%
 \end{aligned}$$

ระยะเวลาปัม 28 วัน

ความสามารถถูกชะละลายของปรอทหลังการทำให้คงตัว

$$\begin{aligned}
 &\text{จากตารางที่ 5.49 ปรอทในน้ำสกัดมีค่าเท่ากับ} \quad 0.035 \quad \text{มก./ก.} \\
 &\text{ในน้ำชะละลาย 500 มก. มีปรอท (W_i)} \quad = 0.035 * 500 / 1000 \\
 &\quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad = 0.018 \quad \text{มก.}
 \end{aligned}$$

ใช้ตัวอย่าง 50 กรัมที่ประกอบด้วยตะกอนโลหะหนัก 0.75 ส่วน วัสดุประสาน 1 ส่วน
น้ำ 0.5 ส่วน

ตะกอนโลหะหนักในตัวอย่าง	=	$0.75 \cdot 50 / (0.75 + 1 + 0.5)$	
	=	16.67	ก.
W_o	=	$16.67 \cdot 3.69 / 1000$	
	=	0.062	ก.
L_s	=	W_i / W_o	
	=	$0.018 / 0.062$	
	=	0.29	มก./ก.
ประสิทธิภาพในการทำให้ปรอทคงตัว			
E	=	$(L_o - L_s) \cdot 100 / L_o$	
	=	$(8.30 - 0.29) \cdot 100 / 8.30$	
	=	98.26	%

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทดลองที่ 4/2 เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดการถูกชะละลายของปรอทเพิ่มเติม

ความสามารถในการถูกชะละลายสามารถเขียนเป็นสูตรได้ดังนี้

$$L = W_i / W_o$$

โดยที่ L = ความสามารถในการถูกชะละลาย

W_i = ความเข้มข้นของสารที่ถูกชะละลายออกไป

W_o = ความเข้มข้นของสารที่มีอยู่ตอนเริ่มต้น

ก. ตะกอนโลหะหนักจากการบำบัดน้ำเสียซีไอดี

1. ประสิทธิภาพในการทำให้ปรอทคงตัว

ความสามารถถูกชะละลายของปรอทก่อนการทำให้คงตัว

น้ำตะกอนโลหะหนักจากการบำบัดน้ำเสียซีไอดีไปชะละลาย

จากตารางที่ 5.5 พบว่ามีปริมาณปรอทในน้ำสกัดเท่ากับ 6.67 มก./ล.

ในน้ำชะละลาย 500 มล. มีปรอท (W_i) = $6.67 * 500 / 1000$

= 3.355 มก.

จากตารางที่ 5.2 ตะกอนโลหะหนัก 1 กรัมมีปรอทเท่ากับ 3.78 มก.

ในตะกอนโลหะหนัก 50 กรัม มีปรอท (W_o) = $3.78 * 50 / 1000$

= 0.189 ก.

$L_o = W_i / W_o$

= $3.355 / 0.189$

= 17.75 มก./ก.

อัตราส่วนผสมตะกอนโลหะหนักต่อวัสดุประสาน 0.50

อัตราส่วนซิติกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วคือ

ปูนซีเมนต์ 0 % อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน 0.50

ระยะเวลาบ่ม 7 วัน

ความสามารถถูกชะละลายของปรอทหลังการทำให้คงตัว

จากตารางที่ 5.41 ปรอทในน้ำสกัดมีค่าเท่ากับ 0.141 มก./ล.

ในน้ำชะละลาย 500 มล. มีปรอท (W_i) = $0.141 * 500 / 1000$

= 0.071 มก.

ใช้ตัวอย่าง 50 กรัมที่ประกอบด้วยตะกอนโลหะหนัก 0.50 ส่วน วัสดุประสาน 1 ส่วน
น้ำ 0.5 ส่วน

$$\begin{aligned}
 \text{ตะกอนโลหะหนักในตัวอย่าง} &= 0.50 \cdot 50 / (0.50 + 1 + 0.5) \\
 &= 12.50 \quad \text{ก.} \\
 W_o &= 12.50 \cdot 3.78 / 1000 \\
 &= 0.047 \quad \text{ก.} \\
 L_s &= W_i / W_o \\
 &= 0.071 / 0.047 \\
 &= 1.51 \quad \text{นก./ก.}
 \end{aligned}$$

ประสิทธิภาพในการทำให้ปรอทคงตัว

$$\begin{aligned}
 E &= (L_o - L_s) \cdot 100 / L_o \\
 &= (17.75 - 1.51) \cdot 100 / 17.75 \\
 &= 91.49 \quad \%
 \end{aligned}$$

อัตราส่วนผสมตะกอนโลหะหนักต่อวัสดุประสาน 0.50
ปูนซีเมนต์ 60 % อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน 0.50
ระยะเวลาบ่ม 7 วัน

อัตราส่วนจลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วต่อ

$$\begin{aligned}
 &\text{ความสามารถถูกชะละลายของปรอทหลังการทำให้คงตัว} \\
 &\text{จากตารางที่ 5.56 ปรอทในน้ำสกัดมีค่าเท่ากับ} \quad 0.194 \quad \text{มก./ก.} \\
 &\text{ในน้ำระเหย 500 มล. มีปรอท (W_i)} \quad = 0.194 \cdot 500 / 1000 \\
 &\quad = 0.097 \quad \text{มก.}
 \end{aligned}$$

ใช้ตัวอย่าง 50 กรัมที่ประกอบด้วยตะกอนโลหะหนัก 0.50 ส่วน วัสดุประสาน 1 ส่วน
น้ำ 0.5 ส่วน

$$\begin{aligned}
 \text{ตะกอนโลหะหนักในตัวอย่าง} &= 0.50 \cdot 50 / (0.50 + 1 + 0.5) \\
 &= 12.50 \quad \text{ก.} \\
 W_o &= 12.50 \cdot 3.78 / 1000 \\
 &= 0.047 \quad \text{ก.} \\
 L_s &= W_i / W_o \\
 &= 0.097 / 0.047 \\
 &= 2.06 \quad \text{นก./ก.}
 \end{aligned}$$

ประสิทธิภาพในการทำให้ปรอทคงตัว

$$\begin{aligned}
 E &= (L_o - L_s) * 100 / L_o \\
 &= (17.75 - 2.06) * 100 / 17.75 \\
 &= 88.39 \quad \%
 \end{aligned}$$

2. ประสิทธิภาพในการทำให้โครเมียมคงตัว

ความสามารถถูกชะละลายของโครเมียมก่อนการทำให้คงตัว

นำตะกอนโลหะหนักจากการบำบัดน้ำเสียซีโอดีไปชะละลาย

จากตารางที่ 5.5 พบว่ามีปริมาณโครเมียมในน้ำสกัดเท่ากับ	7.25	มก./ล.
ในน้ำชะละลาย 500 มล. มีโครเมียม (Wi) =	$7.25 * 500 / 1000$	
	= 3.625	มก.
ตะกอนโลหะหนัก 1 กรัมมีโครเมียมเท่ากับ	4.40	มก.
ในตะกอนโลหะหนัก 50 กรัม มีโครเมียม (Wo) =	$4.40 * 50 / 1000$	ก.
	= 0.22	ก.
	$L_o = W_i / W_o$	
	= $3.625 / 0.22$	
	= 16.48	มก./ก.

อัตราส่วนผสมตะกอนโลหะหนักต่อวัสดุประสาน 0.50 อัตราส่วนซิงก้า-อะลูมินาที่ใช้แล้วต่อ
ปูนซีเมนต์ 0 % อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน 0.50
ระยะเวลาป่ม 7 วัน

ความสามารถถูกชะละลายของโครเมียมหลังการทำให้คงตัว

จากตารางที่ 5.42 โครเมียมในน้ำสกัดมีค่าเท่ากับ	0.161	มก./ล.
ในน้ำชะละลาย 500 มล. มีโครเมียม (Wi) =	$0.161 * 500 / 1000$	
	= 0.081	มก.

ใช้ตัวอย่าง 50 กรัมที่ประกอบด้วยตะกอนโลหะหนัก 0.50 ส่วน วัสดุประสาน 1 ส่วน
น้ำ 0.5 ส่วน

ตะกอนโลหะหนักในตัวอย่าง	=	$0.50 * 50 / (0.50 + 1 + 0.5)$	
	=	12.50	ก.

$$\begin{aligned}
 W_o &= 12.50 \cdot 4.40 / 1000 \\
 &= 0.055 \quad \text{ก.} \\
 L_s &= W_i / W_o \\
 &= 0.081 / 0.055 \\
 &= 1.47 \quad \text{มก./ก.}
 \end{aligned}$$

ประสิทธิภาพในการทำให้โครเมียมคงตัว

$$\begin{aligned}
 E &= (L_o - L_s) \cdot 100 / L_o \\
 &= (16.48 - 1.47) \cdot 100 / 16.48 \\
 &= 91.08 \quad \%
 \end{aligned}$$

อัตราส่วนผสมตะกอนโลหะหนักต่อวัสดุประสาน 0.50
ปูนซีเมนต์ 60 % อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน 0.50
ระยะเวลาบ่ม 7 วัน

อัตราส่วนซิงก้า-อะลูมินาที่ใช้แล้วต่อ

ความสามารถอุกษะละลายของโครเมียมหลังการทำให้คงตัว

จากตารางที่ 5.57 โครเมียมในน้ำสกัดมีค่าเท่ากับ 0.312 มก./ก.

$$\begin{aligned}
 \text{ในน้ำระยะเวลา 500 มล. มีโครเมียม (} W_i \text{)} &= 0.312 \cdot 500 / 1000 \\
 &= 0.156 \quad \text{มก.}
 \end{aligned}$$

ใช้ตัวอย่าง 50 กรัมที่ประกอบด้วยตะกอนโลหะหนัก 0.50 ส่วน วัสดุประสาน 1 ส่วน
น้ำ 0.5 ส่วน

$$\begin{aligned}
 \text{ตะกอนโลหะหนักในตัวอย่าง} &= 0.50 \cdot 50 / (0.50 + 1 + 0.5) \\
 &= 12.50 \quad \text{ก.} \\
 W_o &= 12.50 \cdot 4.40 / 1000 \\
 &= 0.055 \quad \text{ก.} \\
 L_s &= W_i / W_o \\
 &= 0.156 / 0.055 \\
 &= 2.84 \quad \text{มก./ก.}
 \end{aligned}$$

ประสิทธิภาพในการทำให้โครเมียมคงตัว

$$\begin{aligned}
 E &= (L_o - L_s) \cdot 100 / L_o \\
 &= (16.48 - 2.84) \cdot 100 / 16.48 \\
 &= 82.77 \quad \%
 \end{aligned}$$

ข. ตะกอนโลหะหนักจากการชะล้างกากหลอคฟลูออเรสเซนซ์

1. ประสิทธิภาพในการทำให้ปรอทคงตัว

ความสามารถถูกชะละลายของปรอทก่อนการทำให้คงตัว

นำตะกอนโลหะหนักจากการชะล้างกากหลอคฟลูออเรสเซนซ์ไปชะละลาย		
จากตารางที่ 5.5 พบว่ามีปริมาณปรอทในน้ำสกัดเท่ากับ	3.07	มก./ล.
ในน้ำชะละลาย 500 มก. มีปรอท (Wi) =	$3.07 * 500 / 1000$	
	= 1.535	มก.
จากตารางที่ 5.3 ตะกอนโลหะหนัก 1 กรัมมีปรอทเท่ากับ	3.69	มก.
ในตะกอนโลหะหนัก 50 กรัม มีปรอท (Wo) =	$3.69 * 50 / 1000$	
	= 0.185	ก.
	$Lo = Wi / Wo$	
	= 1.535 / 0.185	
	= 8.30	มก./ก.

อัตราส่วนผสมตะกอนโลหะหนักต่อวัสดุประสาน 0.75 อัตราส่วนซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วต่อ
ปูนซีเมนต์ 0 % อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน 0.50
ระยะเวลาบ่ม 3 วัน

ความสามารถถูกชะละลายของปรอทหลังการทำให้คงตัว

จากตารางที่ 5.49 ปรอทในน้ำสกัดมีค่าเท่ากับ	0.042	มก./ล.
ในน้ำชะละลาย 500 มก. มีปรอท (Wi) =	$0.042 * 500 / 1000$	
	= 0.021	มก.
ใช้ตัวอย่าง 50 กรัมที่ประกอบด้วยตะกอนโลหะหนัก 0.75 ส่วน วัสดุประสาน 1 ส่วน น้ำ 0.5 ส่วน		
ตะกอนโลหะหนักในตัวอย่าง =	$0.75 * 50 / (0.75 + 1 + 0.5)$	
	= 16.67	ก.
Wo =	$16.67 * 3.69 / 1000$	
	= 0.062	ก.
Ls =	Wi / Wo	
	= 0.021 / 0.062	
	= 0.34	มก./ก.

ประสิทธิภาพในการทำให้ปรอทคงตัว

$$\begin{aligned}
 E &= (L_o - L_s) * 100 / L_o \\
 &= (8.30 - 0.34) * 100 / 8.30 \\
 &= 95.90 \quad \%
 \end{aligned}$$

อัตราส่วนผสมตะกอนโลหะหนักต่อวัสดุประสาน 0.75
ปูนซีเมนต์ 100 % อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน 0.50
ระยะเวลาบ่ม 3 วัน

อัตราส่วนซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วต่อ

ความสามารถถูกระยะเวลาของปรอทหลังการทำให้คงตัว


$$\begin{aligned}
 &\text{จากตารางที่ 5.65 ปรอทในน้ำสกัดมีค่าเท่ากับ} && 0.183 && \text{มก./ล.} \\
 &\text{ในน้ำระยะเวลา 500 มก. มีปรอท (W_i)} && = && 0.183 * 500 / 1000 \\
 & && = && 0.092 && \text{มก.}
 \end{aligned}$$

ใช้ตัวอย่าง 50 กรัมที่ประกอบด้วยตะกอนโลหะหนัก 0.75 ส่วน วัสดุประสาน 1 ส่วน
น้ำ 0.5 ส่วน

$$\begin{aligned}
 &\text{ตะกอนโลหะหนักในตัวอย่าง} && = && 0.75 * 50 / (0.75 + 1 + 0.5) \\
 & && = && 16.67 && \text{ก.} \\
 &W_o && = && 16.67 * 3.69 / 1000 \\
 & && = && 0.062 && \text{ก.} \\
 &L_s && = && W_i / W_o \\
 & && = && 0.092 / 0.062 \\
 & && = && 1.48 && \text{มก./ก.}
 \end{aligned}$$

ประสิทธิภาพในการทำให้ปรอทคงตัว

$$\begin{aligned}
 E &= (L_o - L_s) * 100 / L_o \\
 &= (8.30 - 1.48) * 100 / 8.30 \\
 &= 82.17 \quad \%
 \end{aligned}$$



ภาคผนวก ฉ.
รายละเอียดการคำนวณทางสถิติ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทดลองที่ 1 ศึกษาอัตราส่วนของวัสดุประสานที่เหมาะสมของตะกอนปรอทซัลไฟด์

ก. ตะกอนโลหะหนักจากการบำบัดน้ำเสียซีไอเค

ตารางที่ 5.12 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณปรอทกับอัตราส่วนผสมตะกอนโลหะหนัก

ซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว คอปูนซีเมนต์ (%)	ปรอท (มก./ก.)			
	อัตราส่วนผสมของตะกอนต่อวัสดุประสาน			
	0	0.25	0.50	0.75
0	0.005	0.042	0.123	0.314
10	0.005	0.044	0.143	0.347
20	0.009	0.045	0.148	0.347
30	0.009	0.047	0.153	0.363
40	0.009	0.063	0.157	0.379

เกณฑ์มาตรฐาน < 0.2 มก./ก.

ปัจจัยที่ 1 → ค่าที่วัดมี 4 ค่า ; $k=4$

ปัจจัยที่ 2 → ซิลิกา-อะลูมินา 5 ค่า ; $b=5$

จำนวนตัวอย่าง → $n = kb = 4 \times 5 = 20$

การคำนวณ

$$\begin{aligned}
 T_1 &= 0.005 + 0.005 + 0.009 + 0.009 + 0.009 &= 0.037 \\
 T_2 &= 0.042 + 0.044 + 0.045 + 0.047 + 0.063 &= 0.241 \\
 T_3 &= 0.123 + 0.143 + 0.148 + 0.153 + 0.157 &= 0.724 \\
 T_4 &= 0.314 + 0.347 + 0.347 + 0.363 + 0.379 &= 1.750 \\
 B_1 &= 0.005 + 0.042 + 0.123 + 0.314 &= 0.484 \\
 B_2 &= 0.005 + 0.044 + 0.143 + 0.347 &= 0.539 \\
 B_3 &= 0.009 + 0.045 + 0.148 + 0.347 &= 0.549 \\
 B_4 &= 0.009 + 0.047 + 0.153 + 0.363 &= 0.572 \\
 B_5 &= 0.009 + 0.063 + 0.157 + 0.379 &= 0.608
 \end{aligned}$$

$$T = \sum \sum X_{ij} = \sum T_j = \sum B_i = 2.752$$

$$CM = T^2/n = (2.752)^2/20 = 0.379$$

$$\begin{aligned} \sum \sum X_{ij}^2 &= (0.005)^2 + (0.005)^2 + (0.009)^2 + (0.009)^2 + (0.009)^2 + (0.042)^2 + (0.044)^2 \\ &+ (0.045)^2 + (0.047)^2 + (0.063)^2 + (0.123)^2 + (0.143)^2 + (0.148)^2 + (0.153)^2 \\ &+ (0.157)^2 + (0.314)^2 + (0.347)^2 + (0.347)^2 + (0.363)^2 + (0.379)^2 = 0.733 \end{aligned}$$

$$SST = \sum \sum X_{ij}^2 - CM = 0.733 - 0.379 = 0.354$$

$$SSTr = \sum T_j^2/b - CM = [(0.037)^2/5 + (0.241)^2/5 + (0.724)^2/5 + (1.75)^2/5] - 0.379 = 0.35$$

$$MSTr = SSTr/(k-1) = 0.35/(4-1) = 0.117$$

$$SSB = \sum B_i^2/k - CM$$

$$= [(0.484)^2/4 + (0.539)^2/4 + (0.549)^2/4 + (0.572)^2/4 + (0.608)^2/4] - 0.379 = 0.002$$

$$MSB = SSB/(b-1) = 0.002/(5-1) = 5 \cdot 10^{-4}$$

$$SSE = SST - SSTr - SSB = 0.354 - 0.350 - 0.002 = 0.002$$

$$MSE = SSE/[(k-1)(b-1)] = 0.002/[(4-1)(5-1)] = 1.67 \cdot 10^{-4}$$

แหล่งความแปรปรวน	DF	SS	MS
ระหว่างตะกอน	$k-1 = 3$	0.350	0.117
ระหว่างชนิดถาก	$b-1 = 4$	0.002	$5 \cdot 10^{-4}$
ภายในตะกอน และของเหลือ	$(k-1)(b-1) = 12$	0.002	$1.67 \cdot 10^{-4}$
ผลรวม	$(kb) - 1 = 19$	0.354	0.118

สถิติการทดสอบ

(ก) ค่าระหว่างอัตราส่วนตะกอนต่อวัสดุประสาน

$$F = MSTr/MSE = 0.117/(1.67 \cdot 10^{-4}) = 700$$

$$F_{95; 3, 12} = 3.49 \quad (\text{จากตารางสถิติ})$$

$F > F_{95; 3, 12} \therefore$ ข้อมูลของอัตราส่วนตะกอนต่อวัสดุประสานมีความแตกต่างกัน

(ข) ค่าระหว่างอัตราส่วนซิกมา-อะลูมินาต่อปูนซีเมนต์

$$F = MSB/MSE = (5 \cdot 10^{-4}) / (1.67 \cdot 10^{-4}) = 2.99$$

$$F_{95; 4, 12} = 3.26 \quad (\text{จากตารางสถิติ})$$

$F < F_{95; 4, 12} \therefore$ ข้อมูลของอัตราส่วนซิกมา-อะลูมินาต่อปูนซีเมนต์ไม่มีความแตกต่างกัน

ตารางที่ 5.13 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณโครเมียมกับอัตราส่วนผสมตะกอนโลหะหนัก

ซิกมา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว ต่อปูนซีเมนต์ (%)	โครเมียม (มก./ก.)			
	อัตราส่วนผสมของตะกอนต่อวัสดุประสาน			
	0	0.25	0.50	0.75
0	0.000	0.094	0.208	0.336
10	0.000	0.104	0.225	0.358
20	0.000	0.108	0.234	0.360
30	0.000	0.110	0.248	0.384
40	0.000	0.126	0.290	0.394

เกณฑ์มาตรฐาน < 5.0 มก./ก.

ปัจจัยที่ 1 \rightarrow ค่าที่วัดมี 4 ค่า ; $k=4$

ปัจจัยที่ 2 \rightarrow ซิกมา-อะลูมินา 5 ค่า; $b=5$

จำนวนตัวอย่าง $\rightarrow n = kb = 4 \cdot 5 = 20$

การคำนวณ

$$T_1 = 0.000$$

$$T_2 = 0.094 + 0.104 + 0.108 + 0.110 + 0.126 = 0.542$$

$$T_3 = 0.208 + 0.225 + 0.234 + 0.248 + 0.290 = 1.205$$

$$T_4 = 0.336 + 0.358 + 0.360 + 0.384 + 0.394 = 1.832$$

$$B_1 = 0.000 + 0.094 + 0.208 + 0.336 = 0.638$$

$$B_2 = 0.000 + 0.104 + 0.225 + 0.358 = 0.687$$

$$B_3 = 0.000 + 0.108 + 0.234 + 0.360 = 0.702$$

$$B_4 = 0.000 + 0.110 + 0.248 + 0.384 = 0.742$$

$$B_5 = 0.000 + 0.126 + 0.290 + 0.394 = 0.810$$

$$T = \sum \sum X_{ij} = \sum T_j = \sum B_i = 3.579$$

$$CM = T^2/n = (3.579)^2/20 = 0.640$$

$$\begin{aligned} \sum \sum X_{ij}^2 &= (0.000)^2 + (0.094)^2 + (0.104)^2 + (0.108)^2 + (0.110)^2 + (0.126)^2 + (0.208)^2 \\ &+ (0.225)^2 + (0.234)^2 + (0.248)^2 + (0.290)^2 + (0.336)^2 + (0.358)^2 + (0.360)^2 \\ &+ (0.384)^2 + (0.394)^2 = 1.026 \end{aligned}$$

$$SST = \sum \sum X_{ij}^2 - CM = 1.026 - 0.640 = 0.386$$

$$\begin{aligned} SSTr &= \sum T_j^2/b - CM = [(0.000)^2/5 + (0.542)^2/5 + (1.205)^2/5 + (1.832)^2/5] - 0.640 \\ &= 0.380 \end{aligned}$$

$$MSTr = SSTr/(k-1) = 0.380/(4-1) = 0.127$$

$$\begin{aligned} SSB &= \sum B_i^2/k - CM \\ &= [(0.638)^2/4 + (0.687)^2/4 + (0.702)^2/4 + (0.742)^2/4 + (0.810)^2/4] - 0.640 = 5 \cdot 10^{-3} \end{aligned}$$

$$MSB = SSB/(b-1) = (5 \cdot 10^{-3})/(5-1) = 1.25 \cdot 10^{-3}$$

$$SSE = SST - SSTr - SSB = 0.386 - 0.380 - 5 \cdot 10^{-3} = 1 \cdot 10^{-3}$$

$$MSE = SSE/[(k-1)(b-1)] = 1 \cdot 10^{-3}/[(4-1)(5-1)] = 8.33 \cdot 10^{-3}$$

แหล่งความแปรปรวน	DF	SS	MS
ระหว่างตะกอน	k-1 = 3	0.380	0.127
ระหว่างชนิดกีฬา	b-1 = 4	5*10 ⁻³	1.25*10 ⁻³
ภายในตะกอน และของเสีย	(k-1)(b-1) = 12	1*10 ⁻³	8.33*10 ⁻³
ผลรวม	(kb) - 1 = 19	0.386	0.127

สถิติการทดสอบ

(ก) ค่าระหว่างอัตราส่วนตะกอนต่อวัฏคู่ประตวน

$$F = MSTr/MSE = 0.127/(8.33 \cdot 10^{-3}) = 15.25$$

$$F_{95; 3, 12} = 3.49 \quad (\text{จากตารางสถิติ})$$

$F > F_{95; 3, 12} \therefore$ ข้อมูลของอัตราส่วนตะกอนต่อวัฏคู่ประตวนมีความแตกต่างกัน

(ข) ค่าระหว่างอัตราส่วนซิกมา-อะลูมินาต่อปูนซีเมนต์

$$F = MSB/MSE = (1.25 \cdot 10^{-3}) / (8.33 \cdot 10^{-5}) = 15$$

$$F_{95; 4, 12} = 3.26 \quad (\text{จากตารางสถิติ})$$

$F > F_{95; 4, 12} \therefore$ ข้อมูลของอัตราส่วนซิกมา-อะลูมินาต่อปูนซีเมนต์มีความแตกต่างกัน

ตารางที่ 5.14 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณเหล็กกับอัตราส่วนผสมตะกอนโลหะหนัก

ซิกมา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว ต่อปูนซีเมนต์ (%)	เหล็ก (มก./ถ.)			
	อัตราส่วนผสมของตะกอนต่อวัสดุประสาน			
	0	0.25	0.50	0.75
0	0.176	0.181	0.240	0.365
10	0.183	0.201	0.243	0.366
20	0.185	0.234	0.245	0.379
30	0.193	0.243	0.246	0.381
40	0.195	0.259	0.264	0.385

ปัจจัยที่ 1 \rightarrow ค่าที่วัดมี 4 ค่า ; $k=4$

ปัจจัยที่ 2 \rightarrow ซิกมา-อะลูมินา 5 ค่า ; $b=5$

จำนวนตัวอย่าง $\rightarrow n = kb = 4 \cdot 5 = 20$

การคำนวณ

$$T_1 = 0.176 + 0.183 + 0.185 + 0.193 + 0.195 = 0.932$$

$$T_2 = 0.181 + 0.201 + 0.234 + 0.243 + 0.259 = 1.118$$

$$T_3 = 0.240 + 0.243 + 0.245 + 0.246 + 0.264 = 1.238$$

$$T_4 = 0.365 + 0.366 + 0.379 + 0.381 + 0.385 = 1.876$$

$$B_1 = 0.176 + 0.181 + 0.240 + 0.365 = 0.962$$

$$B_2 = 0.183 + 0.201 + 0.243 + 0.366 = 0.993$$

$$B_3 = 0.185 + 0.234 + 0.245 + 0.379 = 1.043$$

$$B_4 = 0.193 + 0.243 + 0.246 + 0.381 = 1.063$$

$$B_5 = 0.195 + 0.259 + 0.264 + 0.385 = 1.103$$

$$T = \sum \sum X_{ij} = \sum T_j = \sum B_i = 5.164$$

$$CM = T^2/n = (5.164)^2/20 = 1.33$$

$$\begin{aligned} \sum \sum X_{ij}^2 = & (0.176)^2 + (0.183)^2 + (0.185)^2 + (0.193)^2 + (0.195)^2 + (0.181)^2 + (0.201)^2 \\ & + (0.234)^2 + (0.243)^2 + (0.259)^2 + (0.240)^2 + (0.243)^2 + (0.245)^2 + (0.246)^2 \\ & + (0.264)^2 + (0.365)^2 + (0.366)^2 + (0.379)^2 + (0.381)^2 + (0.385)^2 = 5.310 \end{aligned}$$

$$SST = \sum \sum X_{ij}^2 - CM = 5.310 - 1.330 = 3.980$$

$$\begin{aligned} SSTr = & \sum T_j^2/b - CM = [(0.932)^2/5 + (1.118)^2/5 + (1.238)^2/5 + (1.876)^2/5] - 1.330 \\ = & 0.104 \end{aligned}$$

$$MSTr = SSTr/(k-1) = 0.104/(4-1) = 3.47 \cdot 10^{-2}$$

$$\begin{aligned} SSB = & \sum B_i^2/k - CM \\ = & [(0.962)^2/4 + (0.993)^2/4 + (1.043)^2/4 + (1.063)^2/4 + (1.103)^2/4] - 1.330 = 6.48 \cdot 10^{-3} \end{aligned}$$

$$MSB = SSB/(b-1) = (6.48 \cdot 10^{-3})/(5-1) = 1.62 \cdot 10^{-3}$$

$$SSE = SST - SSTr - SSB = 3.980 - 0.104 - 6.48 \cdot 10^{-3} = 3.87$$

$$MSE = SSE / [(k-1)(b-1)] = 3.87 / [(4-1)(5-1)] = 0.320$$

แหล่งความแปรปรวน	DF	SS	MS
ระหว่างตะกอน	k-1 = 3	0.104	$3.47 \cdot 10^{-2}$
ระหว่างชนิดกาซ	b-1 = 4	$6.48 \cdot 10^{-3}$	$1.62 \cdot 10^{-3}$
ภายในตะกอน และของเสีย	(k-1)(b-1) = 12	3.87	0.320
ผลรวม	(kb) - 1 = 19	3.98	0.356

สถิติการทดสอบ

(ก) ค่าระหว่างอัตราส่วนตะกอนต่อวัสดุประสาน

$$F = MSTr/MSE = (3.47 \cdot 10^{-2})/(0.320) = 0.110$$

$$F_{95; 3, 12} = 3.49 \quad (\text{จากตารางสถิติ})$$

$F < F_{95; 3, 12} \therefore$ ข้อมูลของอัตราส่วนตะกอนต่อวัสดุประสาน ไม่มีความแตกต่างกัน

(ข) ค่าระหว่างอัตราส่วนซิกมา-อะลูมินาต่อปูนซีเมนต์

$$F = MSB/MSE = (1.62 \cdot 10^{-3}) / (0.320) = 5.06 \cdot 10^{-3}$$

$$F_{95; 4, 12} = 3.26 \quad (\text{จากตารางสถิติ})$$

$F < F_{95; 4, 12} \therefore$ ข้อมูลของอัตราส่วนซิกมา-อะลูมินาต่อปูนซีเมนต์ไม่มีความแตกต่างกัน

ข. ตะกอนโลหะหนักจากการชะล้างจากหอคอยฟลูออเรสเซนซ์

ตารางที่ 5.20 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณปรอทกับอัตราส่วนผสมตะกอนโลหะหนัก

ซิกมา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว ต่อปูนซีเมนต์ (%)	ปรอท (มก./ก.)			
	อัตราส่วนผสมของตะกอนต่อวัสดุประสาน			
	0	0.25	0.50	0.75
0	0.008	0.012	0.026	0.040
10	0.009	0.013	0.028	0.042
20	0.011	0.013	0.028	0.044
30	0.012	0.013	0.030	0.052
40	0.012	0.013	0.034	0.056

เกณฑ์มาตรฐาน < 0.2 มก./ก.

ปัจจัยที่ 1 \rightarrow ค่าที่วัดมี 4 ค่า ; $k=4$

ปัจจัยที่ 2 \rightarrow ซิกมา-อะลูมินา 5 ค่า ; $b=5$

จำนวนตัวอย่าง $\rightarrow n = kb = 4 \cdot 5 = 20$

การคำนวณ

$$T_1 = 0.008 + 0.009 + 0.011 + 0.012 + 0.012 = 0.052$$

$$T_2 = 0.012 + 0.013 + 0.013 + 0.013 + 0.013 = 0.064$$

$$T_3 = 0.026 + 0.028 + 0.028 + 0.030 + 0.034 = 0.146$$

$$T_4 = 0.040 + 0.042 + 0.044 + 0.052 + 0.056 = 0.234$$

$$B_1 = 0.008 + 0.012 + 0.026 + 0.040 = 0.086$$

$$B_2 = 0.009 + 0.013 + 0.028 + 0.042 = 0.092$$

$$B_3 = 0.011 + 0.013 + 0.028 + 0.044 = 0.096$$

$$B_4 = 0.012 + 0.013 + 0.030 + 0.052 = 0.107$$

$$B_j = 0.012 + 0.013 + 0.034 + 0.056 = 0.115$$

$$T = \sum \sum X_{ij} = \sum T_j = \sum B_i = 0.496$$

$$CM = T^2/n = (0.496)^2/20 = 1.23 \cdot 10^{-2}$$

$$\begin{aligned} \sum \sum X_{ij}^2 = & (0.008)^2 + (0.009)^2 + (0.011)^2 + (0.012)^2 + (0.012)^2 + (0.012)^2 + (0.013)^2 \\ & + (0.013)^2 + (0.013)^2 + (0.013)^2 + (0.026)^2 + (0.028)^2 + (0.028)^2 + (0.030)^2 \\ & + (0.034)^2 + (0.040)^2 + (0.042)^2 + (0.044)^2 + (0.052)^2 + (0.056)^2 = 0.175 \end{aligned}$$

$$SST = \sum \sum X_{ij}^2 - CM = 0.175 - 1.23 \cdot 10^{-2} = 1.63 \cdot 10^{-1}$$

$$\begin{aligned} SST_T = \sum T_j^2/b - CM = & [(0.052)^2/5 + (0.064)^2/5 + (0.146)^2/5 + (0.234)^2/5] - 1.23 \cdot 10^{-2} \\ = & 4.27 \cdot 10^{-3} \end{aligned}$$

$$MST_T = SST_T/(k-1) = (4.27 \cdot 10^{-3})/(4-1) = 1.42 \cdot 10^{-3}$$

$$\begin{aligned} SSB = \sum B_i^2/k - CM \\ = & [(0.086)^2/4 + (0.092)^2/4 + (0.096)^2/4 + (0.107)^2/4 + (0.115)^2/4] - 1.23 \cdot 10^{-2} = 1.38 \cdot 10^{-4} \end{aligned}$$

$$MSB = SSB/(b-1) = (1.38 \cdot 10^{-4})/(5-1) = 3.45 \cdot 10^{-5}$$

$$SSE = SST - SST_T - SSB = (1.63 \cdot 10^{-1}) - (4.27 \cdot 10^{-3}) - (1.38 \cdot 10^{-4}) = 0.159$$

$$MSE = SSE / [(k-1)(b-1)] = 0.159 / [(4-1)(5-1)] = 1.33 \cdot 10^{-2}$$

แหล่งความแปรปรวน	DF	SS	MS
ระหว่างตะกอน	$k-1 = 3$	$4.27 \cdot 10^{-3}$	$1.42 \cdot 10^{-3}$
ระหว่างชนิดกา	$b-1 = 4$	$1.38 \cdot 10^{-4}$	$3.45 \cdot 10^{-5}$
ภายในตะกอน และของเสีย	$(k-1)(b-1) = 12$	0.159	$1.33 \cdot 10^{-2}$
ผลรวม	$(kb) - 1 = 19$	0.163	$1.48 \cdot 10^{-2}$

สถิติการทดสอบ

(ก) ค่าระหว่างอัตราส่วนตะกอนต่อวัสดุประสาน

$$F = MST_T/MSE = (1.42 \cdot 10^{-3})/(1.33 \cdot 10^{-2}) = 0.107$$

$$F_{95; 3, 12} = 3.49 \quad (\text{จากตารางสถิติ})$$

$F < F_{95; 3, 12} \therefore$ ข้อมูลของอัตราส่วนตะกอนต่อวัสดุประสานไม่มีความแตกต่างกัน

(ข) ค่าระหว่างอัตราส่วนซิกมา-อะลูมินาต่อปูนซีเมนต์

$$F = MSB/MSE = (3.45 \cdot 10^{-3}) / (1.33 \cdot 10^{-3}) = 2.59 \cdot 10^{-3}$$

$$F_{99; 4, 12} = 3.26 \quad (\text{จากตารางสถิติ})$$

$F < F_{99; 4, 12} \therefore$ ข้อมูลของอัตราส่วนซิกมา-อะลูมินาต่อปูนซีเมนต์ไม่มีความแตกต่างกัน

ตารางที่ 5.21 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณเหล็กกับอัตราส่วนผสมตะกอนโลหะหนัก

ซิกมา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว ต่อปูนซีเมนต์ (%)	เหล็ก (นก./ก.)			
	อัตราส่วนผสมของตะกอนต่อวัสดุประสาน			
	0	0.25	0.50	0.75
0	0.081	0.090	0.100	0.163
10	0.083	0.093	0.100	0.168
20	0.091	0.093	0.107	0.201
30	0.093	0.100	0.113	0.204
40	0.093	0.110	0.120	0.207

ปัจจัยที่ 1 \rightarrow ค่าที่วัดมี 4 ค่า ; $k=4$

ปัจจัยที่ 2 \rightarrow ซิกมา-อะลูมินา 5 ค่า ; $b=5$

จำนวนตัวอย่าง $\rightarrow n = kb = 4 \cdot 5 = 20$

การคำนวณ

$$T_1 = 0.081 + 0.083 + 0.091 + 0.093 = 0.441$$

$$T_2 = 0.091 + 0.093 + 0.093 + 0.100 + 0.110 = 0.487$$

$$T_3 = 0.100 + 0.100 + 0.107 + 0.113 + 0.120 = 0.540$$

$$T_4 = 0.163 + 0.168 + 0.201 + 0.204 + 0.207 = 0.943$$

$$B_1 = 0.081 + 0.090 + 0.100 + 0.163 = 0.434$$

$$B_2 = 0.083 + 0.093 + 0.100 + 0.168 = 0.444$$

$$B_3 = 0.091 + 0.093 + 0.107 + 0.201 = 0.492$$

$$B_4 = 0.093 + 0.100 + 0.113 + 0.204 = 0.510$$

$$B_5 = 0.093 + 0.110 + 0.120 + 0.207 = 0.530$$

$$T = \sum \sum X_{ij} = \sum T_j = \sum B_i = 2.411$$

$$CM = T^2/n = (2.411)^2/20 = 0.291$$

$$\begin{aligned} \sum \sum X_{ij}^2 &= (0.081)^2 + (0.083)^2 + (0.091)^2 + (0.093)^2 + (0.093)^2 + (0.090)^2 + (0.093)^2 \\ &\quad + (0.093)^2 + (0.100)^2 + (0.110)^2 + (0.100)^2 + (0.100)^2 + (0.107)^2 + (0.113)^2 \\ &\quad + (0.120)^2 + (0.163)^2 + (0.168)^2 + (0.201)^2 + (0.204)^2 + (0.207)^2 = 0.325 \end{aligned}$$

$$SST = \sum \sum X_{ij}^2 - CM = 0.325 - 0.291 = 0.034$$

$$\begin{aligned} SST_T &= \sum T_j^2/b - CM = [(0.441)^2/5 + (0.487)^2/5 + (0.540)^2/5 + (0.943)^2/5] - 0.291 \\ &= 3.15 \cdot 10^{-2} \end{aligned}$$

$$MST_T = SST_T/(k-1) = (3.15 \cdot 10^{-2})/(4-1) = 1.05 \cdot 10^{-2}$$

$$\begin{aligned} SSB &= \sum B_i^2/k - CM \\ &= [(0.434)^2/4 + (0.444)^2/4 + (0.492)^2/4 + (0.510)^2/4 + (0.530)^2/4] - 0.291 = 1.14 \cdot 10^{-3} \end{aligned}$$

$$MSB = SSB/(b-1) = (1.14 \cdot 10^{-3})/(5-1) = 2.85 \cdot 10^{-4}$$

$$SSE = SST - SST_T - SSB = (0.034) - (3.15 \cdot 10^{-2}) - (1.14 \cdot 10^{-3}) = 1.36 \cdot 10^{-3}$$

$$MSE = SSE / [(k-1)(b-1)] = (1.36 \cdot 10^{-3}) / [(4-1)(5-1)] = 1.13 \cdot 10^{-4}$$

แหล่งความแปรปรวน	DF	SS	MS
ระหว่างตะกอน	k-1 = 3	$3.15 \cdot 10^{-2}$	$1.05 \cdot 10^{-2}$
ระหว่างชนิดิกษ	b-1 = 4	$1.14 \cdot 10^{-3}$	$2.85 \cdot 10^{-4}$
ภายในตะกอน และของเสีย	(k-1)(b-1) = 12	$1.36 \cdot 10^{-3}$	$1.13 \cdot 10^{-4}$
ผลรวม	(kb) - 1 = 19	0.034	0.011

สถิติการทดสอบ

(ก) ค่าระหว่างอัตราส่วนตะกอนต่อวัสดุประสาน

$$F = MST_T/MSE = (1.05 \cdot 10^{-2})/(1.13 \cdot 10^{-4}) = 92.92$$

$$F_{95; 3, 12} = 3.49 \quad (\text{จากตารางสถิติ})$$

$F > F_{95; 3, 12} \therefore$ ข้อมูลของอัตราส่วนตะกอนต่อวัสดุประสานมีความแตกต่างกัน

(ข) ค่าระหว่างอัตราส่วนสถิติ-อะลูมินาต่อปูนซีเมนต์

$$F = MSB/MSE = (2.85 \cdot 10^{-4}) / (1.13 \cdot 10^{-4}) = 2.52$$

$$F_{95; 4, 12} = 3.26 \quad (\text{จากตารางสถิติ})$$

$F < F_{95; 4, 12} \therefore$ ข้อมูลของอัตราส่วนสถิติ-อะลูมินาต่อปูนซีเมนต์ไม่มีความแตกต่างกัน

การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานในการระงับฤทธิ์ตะกอนปรอทซัลไฟด์
ก. ตะกอนโลหะหนักจากการบำบัดน้ำเสียซีไอดี
ตารางที่ 5.27 แสดงผลการวิเคราะห์ปรอทกับอัตราส่วนน้ำ

สถิติ-อะลูมินาที่ใช้แล้ว ต่อปูนซีเมนต์ (%)	ปรอท (มก./ล.)				
	อัตราส่วนผสมน้ำต่อวัสดุประสาน				
	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
0	0.141	0.140	0.136	0.139	0.145
40	0.165	0.163	0.161	0.167	0.172
เกณฑ์มาตรฐาน < 0.2 มก./ล.					

ปัจจัยที่ 1 \rightarrow ค่าที่วัดมี 5 ค่า ; $k=5$

ปัจจัยที่ 2 \rightarrow สถิติ-อะลูมินา 2 ค่า ; $b=2$

จำนวนตัวอย่าง $\rightarrow n = kb = 5 \cdot 2 = 10$

การคำนวณ

$$T_1 = 0.141 + 0.165 = 0.306$$

$$T_2 = 0.140 + 0.163 = 0.303$$

$$T_3 = 0.136 + 0.161 = 0.297$$

$$T_4 = 0.139 + 0.145 = 0.284$$

$$T_5 = 0.145 + 0.172 = 0.317$$

$$B_1 = 0.141 + 0.140 + 0.136 + 0.139 + 0.145 = 0.701$$

$$B_2 = 0.165 + 0.163 + 0.161 + 0.167 + 0.172 = 0.444$$

$$T = \sum \sum X_{ij} = \sum T_j = \sum B_i = 1.529$$

$$CM = T^2/n = (1.529)^2/10 = 0.234$$

$$\begin{aligned} \sum \sum X_{ij}^2 &= (0.141)^2 + (0.140)^2 + (0.136)^2 + (0.139)^2 + (0.145)^2 + (0.165)^2 + (0.163)^2 \\ &\quad + (0.161)^2 + (0.167)^2 + (0.172)^2 = 0.235 \\ SST &= \sum \sum X_{ij}^2 - CM = 0.235 - 0.234 = 1 \cdot 10^{-3} \\ SST_{tr} &= \sum T_j^2 / b - CM = [(0.306)^2 / 2 + (0.303)^2 / 2 + (0.297)^2 / 2 + (0.284)^2 / 2 + (0.317)^2 / 2] \\ &\quad - 0.234 = -6.6 \cdot 10^{-3} \\ MST_{tr} &= SST_{tr} / (k-1) = (-6.6 \cdot 10^{-3}) / (5-1) = -1.65 \cdot 10^{-3} \\ SSB &= \sum B_i^2 / k - CM = [(0.701)^2 / 5 + (0.828)^2 / 5] - 0.234 = 1.39 \cdot 10^{-3} \\ MSB &= SSB / (b-1) = (1.39 \cdot 10^{-3}) / (2-1) = 1.39 \cdot 10^{-3} \\ SSE &= SST - SST_{tr} - SSB = (1 \cdot 10^{-3}) - (-6.6 \cdot 10^{-3}) - (1.39 \cdot 10^{-3}) = 6.21 \cdot 10^{-3} \\ MSE &= SSE / [(k-1)(b-1)] = (6.21 \cdot 10^{-3}) / [(5-1)(2-1)] = 1.55 \cdot 10^{-3} \end{aligned}$$

แหล่งความแปรปรวน	DF	SS	MS
ระหว่างตะกอน	$k-1 = 4$	$-6.6 \cdot 10^{-3}$	$-1.65 \cdot 10^{-3}$
ระหว่างชนิดกีฬา	$b-1 = 1$	$1.39 \cdot 10^{-3}$	$1.39 \cdot 10^{-3}$
ภายในตะกอน และของเนื้อ	$(k-1)(b-1) = 4$	$6.21 \cdot 10^{-3}$	$1.55 \cdot 10^{-3}$
ผลรวม	$(kb) - 1 = 9$	$1 \cdot 10^{-3}$	$1.29 \cdot 10^{-3}$

สถิติการทดสอบ

(ก) ค่าระหว่างอัตราส่วนตะกอนต่อวัสดุประเภท

$$F = MST_{tr} / MSE = (-1.65 \cdot 10^{-3}) / (1.55 \cdot 10^{-3}) = -1.06$$

$$F_{95; 4, 4} = 6.39 \quad (\text{จากตารางสถิติ})$$

$F < F_{95; 4, 4} \therefore$ ข้อมูลของอัตราส่วนตะกอนต่อวัสดุประเภทไม่มีความแตกต่างกัน

(ข) ค่าระหว่างอัตราส่วนชนิดกีฬา-อะลูมินาต่อปูนซีเมนต์

$$F = MSB / MSE = (1.39 \cdot 10^{-3}) / (1.55 \cdot 10^{-3}) = 0.90$$

$$F_{95; 1, 4} = 7.71 \quad (\text{จากตารางสถิติ})$$

$F < F_{95; 1, 4} \therefore$ ข้อมูลของอัตราส่วนชนิดกีฬา-อะลูมินาต่อปูนซีเมนต์ไม่มีความแตกต่างกัน

ตารางที่ 5.28 แสดงผลการวิเคราะห์โครเมียมกับอัตราส่วนน้ำ

ชนิดกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว ต่อปูนซีเมนต์ (%)	โครเมียม (มก./ก.)				
	อัตราส่วนผงปูนต่อวัสดุประสาน				
	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
0	0.247	0.225	0.198	0.200	0.212
40	0.271	0.263	0.245	0.250	0.253
เกณฑ์มาตรฐาน < 5.0 ม.ก./ก.					

ปัจจัยที่ 1 → ค่าที่วัดมี 5 ค่า ; $k=5$

ปัจจัยที่ 2 → ชนิดกา-อะลูมินา 2 ค่า ; $b=2$

จำนวนตัวอย่าง → $n = kb = 5 \times 2 = 10$

การคำนวณ

$$T_1 = 0.247 + 0.271 = 0.518$$

$$T_2 = 0.225 + 0.263 = 0.488$$

$$T_3 = 0.198 + 0.245 = 0.443$$

$$T_4 = 0.200 + 0.250 = 0.450$$

$$T_5 = 0.212 + 0.253 = 0.465$$

$$B_1 = 0.247 + 0.225 + 0.198 + 0.200 + 0.212 = 1.082$$

$$B_2 = 0.271 + 0.263 + 0.245 + 0.250 + 0.253 = 1.282$$

$$T = \sum \sum X_{ij} = \sum T_j = \sum B_i = 2.364$$

$$CM = \frac{T^2}{n} = \frac{(2.364)^2}{10} = 0.559$$

$$\begin{aligned} \sum \sum X_{ij}^2 &= (0.247)^2 + (0.225)^2 + (0.198)^2 + (0.200)^2 + (0.212)^2 + (0.271)^2 + (0.263)^2 \\ &\quad + (0.245)^2 + (0.250)^2 + (0.253)^2 = 0.565 \end{aligned}$$

$$SST = \sum \sum X_{ij}^2 - CM = 0.565 - 0.559 = 6 \times 10^{-3}$$

$$\begin{aligned} SST_H &= \sum T_j^2 / b - CM = [(0.518)^2 / 2 + (0.488)^2 / 2 + (0.443)^2 / 2 + (0.450)^2 / 2 + (0.465)^2 / 2] - 0.559 \\ &= 1.721 \times 10^{-3} \end{aligned}$$



$$MSTr = SSTr/(k-1) = (1.721 \cdot 10^3)/(5-1) = 4.3 \cdot 10^4$$

$$SSB = \sum B_i^2/k - CM = [(1.082)^2/5 + (1.282)^2/5] - 0.559 = 3.85 \cdot 10^3$$

$$MSB = SSB/(b-1) = (3.85 \cdot 10^3)/(2-1) = 3.85 \cdot 10^3$$

$$SSE = SST - SSTr - SSB = (6 \cdot 10^3) - (1.721 \cdot 10^3) - (3.85 \cdot 10^3) = 4.29 \cdot 10^4$$

$$MSE = SSE / [(k-1)(b-1)] = (4.29 \cdot 10^4) / [(5-1)(2-1)] = 1.07 \cdot 10^4$$

แหล่งความแปรปรวน	DF	SS	MS
ระหว่างตะกอน	$k-1 = 4$	$1.721 \cdot 10^3$	$4.3 \cdot 10^4$
ระหว่างวิธีการ	$b-1 = 1$	$3.85 \cdot 10^3$	$3.85 \cdot 10^3$
ภายในตะกอน และของเสีย	$(k-1)(b-1) = 4$	$4.29 \cdot 10^4$	$1.07 \cdot 10^4$
ผลรวม	$(kb) - 1 = 9$	$6 \cdot 10^3$	$4.39 \cdot 10^3$

สถิติการทดสอบ

(ก) ค่าระหว่างอัตราส่วนตะกอนต่อวัตุประทาน

$$F = MSTr/MSE = (4.3 \cdot 10^4)/(1.07 \cdot 10^4) = 4.02$$

$$F_{23;4,4} = 6.39 \quad (\text{จากตารางสถิติ})$$

$F < F_{23;4,4} \therefore$ ข้อมูลของอัตราส่วนตะกอนต่อวัตุประทานไม่มีความแตกต่างกัน

(ข) ค่าระหว่างอัตราส่วนวิธีการ-อะลูมินาต่อปูนซีเมนต์

$$F = MSB/MSE = (3.85 \cdot 10^3)/(1.07 \cdot 10^4) = 35.98$$

$$F_{23;1,4} = 7.71 \quad (\text{จากตารางสถิติ})$$

$F > F_{23;1,4} \therefore$ ข้อมูลของอัตราส่วนวิธีการ-อะลูมินาต่อปูนซีเมนต์มีความแตกต่างกัน

ตารางที่ 5.29 แสดงผลการวิเคราะห์หลักกับอัตราส่วนน้ำ

วิธีการ-อะลูมินาที่ใช้แล้ว ต่อปูนซีเมนต์ (%)	หลัก (มก./ต.)				
	อัตราส่วนน้ำต่อวัตุประทาน				
	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
0	0.181	0.175	0.167	0.166	0.163
40	0.183	0.179	0.173	0.169	0.169

ปัจจัยที่ 1 → ค่าที่วัดมี 5 ค่า ; $k=5$

ปัจจัยที่ 2 → จีลีกา-อะลูมินา 2 ค่า; $b=2$

จำนวนตัวอย่าง → $n = kb = 5 \times 2 = 10$

การคำนวณ

$$T_1 = 0.181 + 0.183 = 0.364$$

$$T_2 = 0.175 + 0.179 = 0.354$$

$$T_3 = 0.167 + 0.173 = 0.340$$

$$T_4 = 0.166 + 0.169 = 0.335$$

$$T_5 = 0.163 + 0.169 = 0.332$$

$$B_1 = 0.181 + 0.175 + 0.167 + 0.166 + 0.163 = 0.852$$

$$B_2 = 0.183 + 0.179 + 0.173 + 0.169 + 0.169 = 0.873$$

$$T = \sum \sum X_{ij} = \sum T_j = \sum B_i = 1.725$$

$$CM = T^2/n = (1.725)^2/10 = 0.298$$

$$\begin{aligned} \sum \sum X_{ij}^2 = & (0.181)^2 + (0.175)^2 + (0.167)^2 + (0.166)^2 + (0.163)^2 + (0.183)^2 + (0.179)^2 \\ & + (0.173)^2 + (0.169)^2 + (0.169)^2 = 0.298 \end{aligned}$$

$$SST = \sum \sum X_{ij}^2 - CM = 0.298 - 0.298 = 0$$

$$\begin{aligned} SSTr = \sum T_j^2/b - CM = & [(0.364)^2/2 + (0.354)^2/2 + (0.340)^2/2 + (0.335)^2/2 + (0.332)^2/2] \\ & - 0.298 = -6.95 \times 10^{-3} \end{aligned}$$

$$MSTr = SSTr/(k-1) = (-6.95 \times 10^{-3})/(5-1) = -1.74 \times 10^{-3}$$

$$SSB = \sum B_i^2/k - CM = [(0.852)^2/5 + (0.873)^2/5] - 0.298 = -3.93 \times 10^{-4}$$

$$MSB = SSB/(b-1) = (-3.93 \times 10^{-4})/(2-1) = -3.93 \times 10^{-4}$$

$$SSE = SST - SSTr - SSB = 0 - (-6.95 \times 10^{-3}) - (-3.93 \times 10^{-4}) = 4.63 \times 10^{-4}$$

$$MSE = SSE / [(k-1)(b-1)] = (4.63 \times 10^{-4}) / [(5-1)(2-1)] = 1.16 \times 10^{-4}$$

แหล่งความแปรปรวน	DF	SS	MS
ระหว่างตะกอน	$k-1 = 4$	$-6.95 \cdot 10^{-3}$	$-1.74 \cdot 10^{-3}$
ระหว่างซีกิการ	$b-1 = 1$	$-3.93 \cdot 10^{-4}$	$-3.93 \cdot 10^{-4}$
ภายในตะกอน และของเลีย	$(k-1)(b-1) = 4$	$4.63 \cdot 10^{-4}$	$1.16 \cdot 10^{-4}$
ผลรวม	$(kb) - 1 = 9$	$5 \cdot 10^{-7}$	$-2.9 \cdot 10^{-4}$

สถิติการทดสอบ

(ก) ค่าระหว่างอัตราส่วนตะกอนต่อวัสดุประสาน

$$F = MSTr/MSE = (1.74 \cdot 10^{-3}) / (1.16 \cdot 10^{-4}) = 0.667$$

$$F_{95;4,4} = 6.39 \quad (\text{จากตารางสถิติ})$$

$F < F_{95;4,4} \therefore$ ข้อมูลของอัตราส่วนตะกอนต่อวัสดุประสาน ไม่มีความแตกต่างกัน

(ข) ค่าระหว่างอัตราส่วนซีกิการ-อะลูมินาต่อปูนซีเมนต์

$$F = MSB/MSE = (3.93 \cdot 10^{-4}) / (1.16 \cdot 10^{-4}) = 3.38$$

$$F_{95;1,4} = 7.71 \quad (\text{จากตารางสถิติ})$$

$F < F_{95;1,4} \therefore$ ข้อมูลของอัตราส่วนซีกิการ-อะลูมินาต่อปูนซีเมนต์ ไม่มีความแตกต่างกัน

ข. ตะกอนโลหะหนักจากการระดังากหลอคฟลูออเรสเซนด

ตารางที่ 5.35 แสดงผลการวิเคราะห์ปรอทกับอัตราส่วนน้ำ

ซีกิการ-อะลูมินาที่ใช้แล้ว ต่อปูนซีเมนต์ (%)	ปรอท (มก./ก.)				
	อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน				
	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
0	0.040	0.039	0.037	0.041	0.046
40	0.061	0.058	0.055	0.060	0.065

เกณฑ์มาตรฐาน < 0.2 มก./ก.

ปัจจัยที่ 1 \rightarrow ค่าที่วัดมี 5 ค่า ; $k=5$

ปัจจัยที่ 2 \rightarrow ซีกิการ-อะลูมินา 2 ค่า; $b=2$

จำนวนตัวอย่าง $\rightarrow n = kb = 5 \cdot 2 = 10$

การคำนวณ

$$T_1 = 0.040 + 0.061 = 0.101$$

$$T_2 = 0.039 + 0.058 = 0.097$$

$$T_3 = 0.037 + 0.055 = 0.092$$

$$T_4 = 0.041 + 0.060 = 0.101$$

$$T_5 = 0.046 + 0.065 = 0.111$$

$$B_1 = 0.040 + 0.039 + 0.037 + 0.041 + 0.046 = 0.203$$

$$B_2 = 0.061 + 0.058 + 0.055 + 0.060 + 0.065 = 0.299$$

$$T = \sum \sum X_{ij} = \sum T_j = \sum B_i = 0.502$$

$$CM = T^2/n = (0.502)^2/10 = 2.52 \cdot 10^{-2}$$

$$\begin{aligned} \sum \sum X_{ij}^2 &= (0.040)^2 + (0.039)^2 + (0.037)^2 + (0.041)^2 + (0.046)^2 + (0.061)^2 + (0.058)^2 \\ &\quad + (0.055)^2 + (0.060)^2 + (0.065)^2 = 0.026 \end{aligned}$$

$$SST = \sum \sum X_{ij}^2 - CM = 0.026 - 2.52 \cdot 10^{-2} = 8 \cdot 10^{-4}$$

$$\begin{aligned} SSTr = \sum T_j^2/b - CM &= [(0.101)^2/2 + (0.097)^2/2 + (0.092)^2/2 + (0.101)^2/2 + (0.111)^2/2] - 2.52 \cdot 10^{-2} \\ &= 9.8 \cdot 10^{-3} \end{aligned}$$

$$MSTr = SSTr/(k-1) = (9.8 \cdot 10^{-3})/(5-1) = 2.45 \cdot 10^{-3}$$

$$SSB = \sum B_i^2/k - CM = [(0.203)^2/5 + (0.299)^2/5] - 2.52 \cdot 10^{-2} = 9.22 \cdot 10^{-4}$$

$$MSB = SSB/(b-1) = (9.22 \cdot 10^{-4})/(2-1) = 9.22 \cdot 10^{-4}$$

$$SSE = SST - SSTr - SSB = (8 \cdot 10^{-4}) - (9.8 \cdot 10^{-3}) - (9.22 \cdot 10^{-4}) = -2.2 \cdot 10^{-4}$$

$$MSE = SSE/[(k-1)(b-1)] = (-2.2 \cdot 10^{-4})/[(5-1)(2-1)] = -5.5 \cdot 10^{-5}$$

แหล่งความแปรปรวน	DF	SS	MS
ระหว่างตะกอน	$k-1 = 4$	$9.8 \cdot 10^{-3}$	$2.45 \cdot 10^{-3}$
ระหว่างซีกิภา	$b-1 = 1$	$9.22 \cdot 10^{-4}$	$9.22 \cdot 10^{-4}$
ภายในตะกอน และของเสีย	$(k-1)(b-1) = 4$	$-2.2 \cdot 10^{-4}$	$-5.5 \cdot 10^{-5}$
ผลรวม	$(kb) - 1 = 9$	$8 \cdot 10^{-4}$	$8.92 \cdot 10^{-4}$

สถิติการทดสอบ

(ก) คำนวณค่าระหว่างอัตราส่วนตะกอนต่อวัสดุประสาน

$$F = \text{MSTr}/\text{MSE} = (2.45 \cdot 10^{-3})/(-5.5 \cdot 10^{-3}) = -4.45 \cdot 10^{-1}$$

$$F_{95;4,4} = 6.39 \quad (\text{จากตารางสถิติ})$$

 $F < F_{95;4,4} \therefore$ ข้อมูลของอัตราส่วนตะกอนต่อวัสดุประสาน ไม่มีความแตกต่างกัน

(ข) คำนวณค่าระหว่างอัตราส่วนซิลิกา-อะลูมินาต่อปูนซีเมนต์

$$F = \text{MSB}/\text{MSE} = (9.22 \cdot 10^{-3})/(-5.5 \cdot 10^{-3}) = -16.76$$

$$F_{95;1,4} = 7.71 \quad (\text{จากตารางสถิติ})$$

 $F < F_{95;1,4} \therefore$ ข้อมูลของอัตราส่วนซิลิกา-อะลูมินาต่อปูนซีเมนต์ ไม่มีความแตกต่างกัน

ตารางที่ 5.36 แสดงผลการวิเคราะห์เหล็กกับอัตราส่วนน้ำ

ซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว ต่อปูนซีเมนต์ (%)	เหล็ก (มก./ล.)				
	อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน				
	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
0	0.172	0.169	0.168	0.168	0.168
40	0.175	0.173	0.171	0.171	0.170

ปัจจัยที่ 1 \rightarrow ค่าที่วัดมี 5 ค่า ; $k=5$ ปัจจัยที่ 2 \rightarrow ซิลิกา-อะลูมินา 2 ค่า ; $b=2$ จำนวนตัวอย่าง $\rightarrow n = kb = 5 \cdot 2 = 10$ **การคำนวณ**

$$T_1 = 0.172 + 0.175 = 0.347$$

$$T_2 = 0.169 + 0.173 = 0.342$$

$$T_3 = 0.168 + 0.171 = 0.339$$

$$T_4 = 0.168 + 0.171 = 0.339$$

$$T_5 = 0.168 + 0.170 = 0.338$$

$$B_1 = 0.172 + 0.169 + 0.168 + 0.168 + 0.168 = 0.845$$

$$B_2 = 0.175 + 0.173 + 0.171 + 0.171 + 0.170 = 0.860$$

$$T = \sum \sum X_{ij} = \sum T_j = \sum B_i = 1.705$$

$$CM = T^2/n = (1.705)^2/10 = 0.29$$

$$\begin{aligned} \sum \sum X_{ij}^2 &= (0.172)^2 + (0.169)^2 + (0.168)^2 + (0.168)^2 + (0.168)^2 + (0.175)^2 + (0.173)^2 \\ &\quad + (0.171)^2 + (0.171)^2 + (0.170)^2 = 0.291 \end{aligned}$$

$$SST = \sum \sum X_{ij}^2 - CM = 0.291 - 0.29 = 1 \cdot 10^{-3}$$

$$\begin{aligned} SST_T &= \sum T_j^2/b - CM = [(0.347)^2/2 + (0.342)^2/2 + (0.339)^2/2 + (0.339)^2/2 + (0.339)^2/2] - 0.29 \\ &= 1.07 \cdot 10^{-3} \end{aligned}$$

$$MST_T = SST_T/(k-1) = (1.07 \cdot 10^{-3})/(5-1) = 2.68 \cdot 10^{-4}$$

$$SSB = \sum B_i^2/k - CM = [(0.845)^2/5 + (0.860)^2/5] - 0.29 = 7.25 \cdot 10^{-4}$$

$$MSB = SSB/(b-1) = (7.25 \cdot 10^{-4})/(2-1) = 7.25 \cdot 10^{-4}$$

$$SSE = SST - SST_T - SSB = (1 \cdot 10^{-3}) - (1.07 \cdot 10^{-3}) - (7.25 \cdot 10^{-4}) = -7.95 \cdot 10^{-4}$$

$$MSE = SSE / [(k-1)(b-1)] = (-7.95 \cdot 10^{-4}) / [(5-1)(2-1)] = -1.99 \cdot 10^{-4}$$

แหล่งความแปรปรวน	DF	SS	MS
ระหว่างตะกอน	k-1 = 4	1.07*10 ⁻³	2.68*10 ⁻⁴
ระหว่างชนิดิกาศ	b-1 = 1	7.25*10 ⁻⁴	7.25*10 ⁻⁴
ภายในตะกอน และของเหลือ	(k-1)(b-1) = 4	-7.95*10 ⁻⁴	-1.99*10 ⁻⁴
ผลรวม	(kb)-1 = 9	1*10 ⁻³	7.94*10 ⁻⁴

สถิติการทดสอบ

(ก) ค่าระหว่างอัตราส่วนตะกอนต่อวัสดุประสาน

$$F = MST_T/MSE = (2.68 \cdot 10^{-4})/(-1.99 \cdot 10^{-4}) = -1.35$$

$$F_{0.05; 4, 4} = 6.39 \quad (\text{จากตารางสถิติ})$$

$F < F_{0.05; 4, 4} \therefore$ ข้อมูลของอัตราส่วนตะกอนต่อวัสดุประสาน ไม่มีความแตกต่างกัน

(ข) ค่าระหว่างอัตราส่วนซิกมา-อะดุมินาคอปูนซิเมนต์

$$F = MSB/MSE = (7.25 \cdot 10^{-4}) / (-1.99 \cdot 10^{-4}) = -3.64$$

$$F_{99; 1,4} = 7.71 \quad (\text{จากตารางสถิติ})$$

$F < F_{99; 1,4} \therefore$ ข้อมูลของอัตราส่วนซิกมา-อะดุมินาคอปูนซิเมนต์ไม่มีความแตกต่างกัน

การทดลองที่ 3/1 ศึกษาผลของระยะเวลาปรมที่ใช้ในการห่อก้อนซิเมนต์

ก. ตะกอนโลหะหนักจากการบำบัดน้ำเสียซีโอดี

ตารางที่ 5.42 แสดงผลการวิเคราะห์ผลการวิเคราะห์ปริมาณปรอทกับระยะเวลาปรม

ซิกมา-อะดุมินาที่ใช้แล้ว คอปูนซิเมนต์ (%)	ปรอท (มก./ก.)				
	ระยะเวลาปรม (วัน)				
	1	3	7	14	28
0	0.275	0.211	0.141	0.124	0.118
40	0.346	0.252	0.173	0.160	0.148

เกณฑ์มาตรฐาน < 0.2 มก./ก.

ปัจจัยที่ 1 \rightarrow ค่าที่วัดมี 5 ค่า ; $k=5$

ปัจจัยที่ 2 \rightarrow ซิกมา-อะดุมินา 2 ค่า ; $b=2$

จำนวนตัวอย่าง $\rightarrow n = kb = 5 \cdot 2 = 10$

การคำนวณ

$$T_1 = 0.275 + 0.346 = 0.621$$

$$T_2 = 0.211 + 0.252 = 0.463$$

$$T_3 = 0.141 + 0.173 = 0.314$$

$$T_4 = 0.124 + 0.160 = 0.284$$

$$T_5 = 0.118 + 0.148 = 0.266$$

$$B_1 = 0.275 + 0.211 + 0.141 + 0.124 + 0.118 = 0.869$$

$$B_2 = 0.346 + 0.252 + 0.173 + 0.160 + 0.148 = 1.079$$

$$T = \sum \sum X_{ij} = \sum T_j = \sum B_i = 1.948$$

$$CM = T^2/n = (1.948)^2/10 = 0.379$$

$$\begin{aligned}\sum \sum X_{ij}^2 &= (0.275)^2 + (0.211)^2 + (0.141)^2 + (0.124)^2 + (0.118)^2 + (0.346)^2 + (0.252)^2 \\ &\quad + (0.173)^2 + (0.160)^2 + (0.148)^2 = 0.430\end{aligned}$$

$$SST = \sum \sum X_{ij}^2 - CM = 0.430 - 0.379 = 5.1 \cdot 10^{-2}$$

$$\begin{aligned}SSTR &= \sum T_j^2 / b - CM = [(0.621)^2 / 2 + (0.463)^2 / 2 + (0.314)^2 / 2 + (0.284)^2 / 2 + (0.266)^2 / 2] - 0.379 \\ &= 4.6 \cdot 10^{-2}\end{aligned}$$

$$MSTR = SSTR / (k-1) = (4.6 \cdot 10^{-2}) / (5-1) = 1.15 \cdot 10^{-2}$$

$$SSB = \sum B_i^2 / k - CM = [(0.869)^2 / 5 + (1.079)^2 / 5] - 0.379 = 4.88 \cdot 10^{-3}$$

$$MSB = SSB / (b-1) = (4.88 \cdot 10^{-3}) / (2-1) = 4.88 \cdot 10^{-3}$$

$$SSE = SST - SSTR - SSB = (5.1 \cdot 10^{-2}) - (4.6 \cdot 10^{-2}) - (4.88 \cdot 10^{-3}) = 1.2 \cdot 10^{-4}$$

$$MSE = SSE / [(k-1)(b-1)] = (1.2 \cdot 10^{-4}) / [(5-1)(2-1)] = 3 \cdot 10^{-5}$$

แหล่งความแปรปรวน	DF	SS	MS
ระหว่างตะกอน	$k-1 = 4$	$4.6 \cdot 10^{-2}$	$1.15 \cdot 10^{-2}$
ระหว่างวิธีการ	$b-1 = 1$	$4.88 \cdot 10^{-3}$	$4.88 \cdot 10^{-3}$
ภายในตะกอน และของเหลือ	$(k-1)(b-1) = 4$	$1.2 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-5}$
ผลรวม	$(kb) - 1 = 9$	$5.1 \cdot 10^{-2}$	$1.64 \cdot 10^{-2}$

สถิติการทดสอบ

(ก) ค่าระหว่างอัตราส่วนตะกอนต่อวัสดุประสาน

$$F = MSTR / MSE = (1.15 \cdot 10^{-2}) / (3 \cdot 10^{-5}) = 383$$

$$F_{95; 4,4} = 6.39 \quad (\text{จากตารางสถิติ})$$

$F > F_{95; 4,4} \therefore$ ข้อมูลของระยะเวลาแป้นมีความแตกต่างกัน

(ข) ค่าระหว่างอัตราส่วนวิธีการ-อะลูมินาต่อปูนซีเมนต์

$$F = MSB / MSE = (4.88 \cdot 10^{-3}) / (3 \cdot 10^{-5}) = 163$$

$$F_{95; 1,4} = 7.71 \quad (\text{จากตารางสถิติ})$$

$F > F_{95; 1,4} \therefore$ ข้อมูลของอัตราส่วนวิธีการ-อะลูมินาต่อปูนซีเมนต์มีความแตกต่างกัน

ตารางที่ 5.43 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณ โครเมียมกับระยะเวลาบ่ม

ชนิดกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว ต่อปูนซีเมนต์ (%)	โครเมียม (มก./ล.)				
	ระยะเวลาบ่ม (วัน)				
	1	3	7	14	28
0	0.701	0.523	0.161	0.150	0.143
40	1.016	0.699	0.214	0.210	0.195

เกณฑ์มาตรฐาน < 5.0 ม.ก./ล.

ปัจจัยที่ 1 → ค่าที่วัดมี 5 ค่า ; $k=5$

ปัจจัยที่ 2 → ชนิดกา-อะลูมินา 2 ค่า ; $b=2$

จำนวนตัวอย่าง → $n = kb = 5 \times 2 = 10$

การคำนวณ

$$T_1 = 0.701 + 1.016 = 1.717$$

$$T_2 = 0.523 + 0.699 = 1.222$$

$$T_3 = 0.161 + 0.214 = 0.375$$

$$T_4 = 0.150 + 0.210 = 0.360$$

$$T_5 = 0.143 + 0.195 = 0.338$$

$$B_1 = 0.701 + 0.523 + 0.161 + 0.150 + 0.143 = 1.678$$

$$B_2 = 1.016 + 0.699 + 0.214 + 0.210 + 0.195 = 2.334$$

$$T = \sum \sum X_{ij} = \sum T_j = \sum B_i = 4.012$$

$$CM = \frac{T^2}{n} = \frac{(4.012)^2}{10} = 1.61$$

$$\begin{aligned} \sum \sum X_{ij}^2 &= (0.701)^2 + (0.523)^2 + (0.161)^2 + (0.150)^2 + (0.143)^2 + (1.016)^2 + (0.699)^2 \\ &\quad + (0.214)^2 + (0.210)^2 + (0.195)^2 = 2.483 \end{aligned}$$

$$SST = \sum \sum X_{ij}^2 - CM = 2.483 - 1.61 = 0.873$$

$$\begin{aligned} SSTr &= \sum T_j^2 / b - CM = [(1.717)^2 / 2 + (1.222)^2 / 2 + (0.375)^2 / 2 + (0.36)^2 / 2 + (0.338)^2 / 2] - 1.61 \\ &= 0.803 \end{aligned}$$

$$MSTr = SSTr / (k-1) = (0.803) / (5-1) = 0.20$$

$$SSB = \sum B_i^2/k - CM = [(1.678)^2/5 + (2.334)^2/5] - 1.61 = 4.26 \cdot 10^{-2}$$

$$MSB = SSB/(b-1) = (4.26 \cdot 10^{-2})/(2-1) = 4.26 \cdot 10^{-2}$$

$$SSE = SST - SSTr - SSB = 0.873 - 0.803 - (4.26 \cdot 10^{-2}) = 2.74 \cdot 10^{-2}$$

$$MSE = SSE/[(k-1)(b-1)] = (2.74 \cdot 10^{-2})/[(5-1)(2-1)] = 6.85 \cdot 10^{-3}$$

แหล่งความแปรปรวน	DF	SS	MS
ระหว่างตะกอน	k-1 = 4	0.803	0.20
ระหว่างชนิดิกาท	b-1 = 1	$4.26 \cdot 10^{-2}$	$4.26 \cdot 10^{-2}$
ภายในตะกอน และของเสีย	(k-1)(b-1) = 4	$2.74 \cdot 10^{-2}$	$6.85 \cdot 10^{-3}$
ผลรวม	(kb) - 1 = 9	$8.73 \cdot 10^{-1}$	$2.49 \cdot 10^{-1}$

สถิติการทดสอบ

(ก) ค่าระหว่างอัตราส่วนตะกอนต่อวัสดุประสาน

$$F = MSTr/MSE = (0.20)/(6.85 \cdot 10^{-3}) = 29$$

$$F_{95;4,4} = 6.39 \quad (\text{จากตารางสถิติ})$$

$F > F_{95;4,4} \therefore$ ข้อมูลของระยะเวลาบ่มมีความแตกต่างกัน

(ข) ค่าระหว่างอัตราส่วนชนิดิกาท-อะลูมินาต่อปูนซีเมนต์

$$F = MSB/MSE = (4.26 \cdot 10^{-2})/(6.85 \cdot 10^{-3}) = 6.22$$

$$F_{95;1,4} = 7.71 \quad (\text{จากตารางสถิติ})$$

$F < F_{95;1,4} \therefore$ ข้อมูลของอัตราส่วนชนิดิกาท-อะลูมินาต่อปูนซีเมนต์ไม่มีความแตกต่างกัน

ตารางที่ 5.44 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณเหล็กกับระยะเวลาบ่ม

ชนิดิกาท-อะลูมินาที่ใช้แล้ว ต่อปูนซีเมนต์ (%)	เหล็ก (มก./ล.)				
	ระยะเวลาบ่ม (วัน)				
	1	3	7	14	28
0	0.223	0.189	0.173	0.141	0.103
40	0.286	0.240	0.192	0.169	0.160

- ปัจจัยที่ 1 → ค่าที่วัดมี 5 ค่า ; $k=5$
 ปัจจัยที่ 2 → จีดิกา-อะลูมินา 2 ค่า ; $b=2$
 จำนวนตัวอย่าง → $n = kb = 5 \cdot 2 = 10$

การคำนวณ

$$T_1 = 0.223 + 0.286 = 0.509$$

$$T_2 = 0.189 + 0.240 = 0.429$$

$$T_3 = 0.173 + 0.192 = 0.365$$

$$T_4 = 0.141 + 0.169 = 0.310$$

$$T_5 = 0.103 + 0.160 = 0.263$$

$$B_1 = 0.223 + 0.189 + 0.173 + 0.141 + 0.103 = 0.829$$

$$B_2 = 0.286 + 0.240 + 0.192 + 0.169 + 0.160 = 1.047$$

$$T = \sum \sum X_{ij} = \sum T_j = \sum B_i = 1.876$$

$$CM = T^2/n = (1.876)^2/10 = 0.352$$

$$\begin{aligned} \sum \sum X_{ij}^2 &= (0.223)^2 + (0.189)^2 + (0.173)^2 + (0.141)^2 + (0.103)^2 + (0.286)^2 + (0.240)^2 \\ &\quad + (0.192)^2 + (0.169)^2 + (0.160)^2 = 0.376 \end{aligned}$$

$$SST = \sum \sum X_{ij}^2 - CM = 0.376 - 0.352 = 0.024$$

$$\begin{aligned} SST_{\tau} &= \sum T_j^2/b - CM = [(0.509)^2/2 + (0.429)^2/2 + (0.365)^2/2 + (0.31)^2/2 + (0.263)^2/2] - 0.352 \\ &= 1.88 \cdot 10^{-2} \end{aligned}$$

$$MST_{\tau} = SST_{\tau}/(k-1) = (1.88 \cdot 10^{-2})/(5-1) = 4.7 \cdot 10^{-3}$$

$$SSB = \sum B_i^2/k - CM = [(0.829)^2/5 + (1.047)^2/5] - 0.352 = 4.69 \cdot 10^{-3}$$

$$MSB = SSB/(b-1) = (4.69 \cdot 10^{-3})/(2-1) = 4.69 \cdot 10^{-3}$$

$$SSE = SST - SST_{\tau} - SSB = 0.024 - (1.88 \cdot 10^{-2}) - (4.69 \cdot 10^{-3}) = 5.1 \cdot 10^{-4}$$

$$MSE = SSE/[(k-1)(b-1)] = (5.1 \cdot 10^{-4})/[(5-1)(2-1)] = 1.28 \cdot 10^{-4}$$

แหล่งความแปรปรวน	DF	SS	MS
ระหว่างตะกอน	$k-1 = 4$	$1.88 \cdot 10^{-3}$	$4.7 \cdot 10^{-3}$
ระหว่างซีกิภา	$b-1 = 1$	$4.69 \cdot 10^{-3}$	$4.69 \cdot 10^{-3}$
ภายในตะกอน และของเสี	$(k-1)(b-1) = 4$	$5.1 \cdot 10^{-4}$	$1.28 \cdot 10^{-4}$
ผลรวม	$(kb) - 1 = 9$	$2.4 \cdot 10^{-2}$	$9.52 \cdot 10^{-3}$

สถิติการทดสอบ

(ก) ค่าระหว่างอัตราส่วนตะกอนต่อวัสดุประสาน

$$F = MSTr/MSE = (4.7 \cdot 10^{-3}) / (1.28 \cdot 10^{-4}) = 36.72$$

$$F_{95; 4,4} = 6.39 \quad (\text{จากตารางสถิติ})$$

$F > F_{95; 4,4} \therefore$ ข้อมูลของระยะเวลาป่นมีความแตกต่างกัน

(ข) ค่าระหว่างอัตราส่วนซีกิภา-อะลูมินาต่อปูนซีเมนต์

$$F = MSB/MSE = (4.69 \cdot 10^{-3}) / (1.28 \cdot 10^{-4}) = 36.64$$

$$F_{95; 1,4} = 7.71 \quad (\text{จากตารางสถิติ})$$

$F > F_{95; 1,4} \therefore$ ข้อมูลของอัตราส่วนซีกิภา-อะลูมินาต่อปูนซีเมนต์มีความแตกต่างกัน

ข. ตะกอนโลหะหนักจากการระด้างกากหลอคฟลูออเรสเซนส์

ตารางที่ 5.50 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณปรอทกับระยะเวลาป่น

ซีกิภา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว ต่อปูนซีเมนต์ (%)	ปรอท (น.ก./ก.)				
	ระยะเวลาป่น (วัน)				
	1	3	7	14	28
0	0.044	0.042	0.040	0.028	0.018
40	0.069	0.066	0.061	0.044	0.035
เกณฑ์มาตรฐาน < 0.2 น.ก./ก.					

ปัจจัยที่ 1 \rightarrow ค่าที่วัดมี 5 ค่า ; $k=5$

ปัจจัยที่ 2 \rightarrow ซีกิภา-อะลูมินา 2 ค่า ; $b=2$

จำนวนตัวอย่าง $\rightarrow n = kb = 5 \cdot 2 = 10$

การคำนวณ

$$T_1 = 0.044 + 0.069 = 0.113$$

$$T_2 = 0.042 + 0.066 = 0.108$$

$$T_3 = 0.040 + 0.061 = 0.101$$

$$T_4 = 0.028 + 0.044 = 0.072$$

$$T_5 = 0.018 + 0.035 = 0.053$$

$$B_1 = 0.044 + 0.042 + 0.040 + 0.028 + 0.018 = 0.172$$

$$B_2 = 0.069 + 0.066 + 0.061 + 0.044 + 0.035 = 0.275$$

$$T = \sum \sum X_{ij} = \sum T_j = \sum B_i = 0.447$$

$$CM = T^2/n = (0.447)^2/10 = 2 \cdot 10^{-2}$$

$$\begin{aligned} \sum \sum X_{ij}^2 &= (0.044)^2 + (0.042)^2 + (0.040)^2 + (0.028)^2 + (0.018)^2 + (0.069)^2 + (0.066)^2 \\ &\quad + (0.061)^2 + (0.044)^2 + (0.035)^2 = 2.24 \cdot 10^{-2} \end{aligned}$$

$$SST = \sum \sum X_{ij}^2 - CM = (2.24 \cdot 10^{-2}) - (2 \cdot 10^{-2}) = 2.4 \cdot 10^{-3}$$

$$\begin{aligned} SST_{\tau} &= \sum T_j^2/b - CM = [(0.113)^2/2 + (0.108)^2/2 + (0.101)^2/2 + (0.072)^2/2 + (0.053)^2/2] - (2 \cdot 10^{-2}) \\ &= 1.31 \cdot 10^{-3} \end{aligned}$$

$$MST_{\tau} = SST_{\tau}/(k-1) = (1.31 \cdot 10^{-3})/(5-1) = 3.28 \cdot 10^{-4}$$

$$SSB = \sum B_i^2/k - CM = [(0.172)^2/5 + (0.275)^2/5] - (2 \cdot 10^{-2}) = 1.04 \cdot 10^{-3}$$

$$MSB = SSB/(b-1) = (1.04 \cdot 10^{-3})/(2-1) = 1.04 \cdot 10^{-3}$$

$$SSE = SST - SST_{\tau} - SSB = (2.4 \cdot 10^{-3}) - (1.31 \cdot 10^{-3}) - (1.04 \cdot 10^{-3}) = 5.0 \cdot 10^{-4}$$

$$MSE = SSE/[(k-1)(b-1)] = (5.0 \cdot 10^{-4})/[(5-1)(2-1)] = 1.25 \cdot 10^{-4}$$

แหล่งความแปรปรวน	DF	SS	MS
ระหว่างตะกอน	$k-1 = 4$	$1.31 \cdot 10^{-2}$	$3.28 \cdot 10^{-4}$
ระหว่างชนิดกาก	$b-1 = 1$	$1.04 \cdot 10^{-3}$	$1.04 \cdot 10^{-3}$
ภายในตะกอน และของเสีย	$(k-1)(b-1) = 4$	$5.0 \cdot 10^{-4}$	$1.25 \cdot 10^{-4}$
ผลรวม	$(kb) - 1 = 9$	$1.42 \cdot 10^{-2}$	$1.38 \cdot 10^{-3}$

สถิติการทดสอบ

(ก) ค่าระหว่างอัตราส่วนคะแนนต่อวัสดุประสาน

$$F = MSTr/MSE = (3.28 \cdot 10^{-3}) / (1.25 \cdot 10^{-3}) = 26.24$$

$$F_{95; 4,4} = 6.39 \quad (\text{จากตารางสถิติ})$$

 $F > F_{95; 4,4} \therefore$ ข้อมูลของระยะเวลาบ่มมีความแตกต่างกัน

(ข) ค่าระหว่างอัตราส่วนซิลิกา-อะลูมินาต่อปูนซีเมนต์

$$F = MSB/MSE = (1.04 \cdot 10^{-3}) / (1.25 \cdot 10^{-3}) = 83.2$$

$$F_{95; 1,4} = 7.71 \quad (\text{จากตารางสถิติ})$$

 $F > F_{95; 1,4} \therefore$ ข้อมูลของอัตราส่วนซิลิกา-อะลูมินาต่อปูนซีเมนต์มีความแตกต่างกัน

ตารางที่ 5.51 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณเหล็กกับระยะเวลาบ่ม

ซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว ต่อปูนซีเมนต์ (%)	เหล็ก (น.ก./ถ.)				
	ระยะเวลาบ่ม (วัน)				
	1	3	7	14	28
0	0.257	0.219	0.181	0.196	0.157
40	0.279	0.225	0.207	0.206	0.166

ปัจจัยที่ 1 \rightarrow ค่าที่วัดมี 5 ค่า ; $k=5$ ปัจจัยที่ 2 \rightarrow ซิลิกา-อะลูมินา 2 ค่า ; $b=2$ จำนวนตัวอย่าง $\rightarrow n = kb = 5 \cdot 2 = 10$ **การคำนวณ**

$$T_1 = 0.257 + 0.279 = 0.536$$

$$T_2 = 0.219 + 0.225 = 0.444$$

$$T_3 = 0.181 + 0.207 = 0.388$$

$$T_4 = 0.196 + 0.206 = 0.402$$

$$T_5 = 0.157 + 0.166 = 0.323$$

$$B_1 = 0.257 + 0.219 + 0.181 + 0.196 + 0.157 = 1.01$$

$$B_2 = 0.279 + 0.225 + 0.207 + 0.206 + 0.166 = 1.083$$

$$T = \sum \sum X_{ij} = \sum T_j = \sum B_i = 2.093$$

$$CM = T^2/n = (2.093)^2/10 = 0.438$$

$$\begin{aligned} \sum \sum X_{ij}^2 &= (0.257)^2 + (0.219)^2 + (0.181)^2 + (0.196)^2 + (0.157)^2 + (0.279)^2 + (0.225)^2 \\ &\quad + (0.207)^2 + (0.206)^2 + (0.166)^2 = 0.451 \end{aligned}$$

$$SST = \sum \sum X_{ij}^2 - CM = 0.451 - 0.438 = 0.013$$

$$\begin{aligned} SST_{\tau} &= \sum T_j^2/b - CM = [(0.536)^2/2 + (0.444)^2/2 + (0.388)^2/2 + (0.402)^2/2 + (0.323)^2/2] - 0.438 \\ &= 1.25 \cdot 10^{-2} \end{aligned}$$

$$MST_{\tau} = SST_{\tau}/(k-1) = (1.25 \cdot 10^{-2})/(5-1) = 3.13 \cdot 10^{-3}$$

$$SSB = \sum B_i^2/k - CM = [(1.01)^2/5 + (1.083)^2/5] - 0.438 = 5.98 \cdot 10^{-4}$$

$$MSB = SSB/(b-1) = (5.98 \cdot 10^{-4})/(2-1) = 5.98 \cdot 10^{-4}$$

$$SSE = SST - SST_{\tau} - SSB = 0.013 - (1.25 \cdot 10^{-2}) - (5.98 \cdot 10^{-4}) = -9.8 \cdot 10^{-3}$$

$$MSE = SSE/[(k-1)(b-1)] = (-9.8 \cdot 10^{-3})/[(5-1)(2-1)] = -2.45 \cdot 10^{-3}$$

แหล่งความแปรปรวน	DF	SS	MS
ระหว่างตะกอน	k-1 = 4	1.25*10 ⁻²	3.13*10 ⁻³
ระหว่างชนิดถาก	b-1 = 1	5.98*10 ⁻⁴	5.98*10 ⁻⁴
ภายในตะกอน และของเสีย	(k-1)(b-1) = 4	-9.8*10 ⁻³	-2.45*10 ⁻³
ผลรวม	(kb)-1 = 9	1.3*10 ⁻²	3.7*10 ⁻³

สถิติการทดสอบ

(ก) ค่าระหว่างอัตราส่วนตะกอนต่อวัสดุประสาน

$$F = MST_{\tau}/MSE = (3.13 \cdot 10^{-3})/(-2.45 \cdot 10^{-3}) = -127$$

$$F_{95;4,4} = 6.39 \quad (\text{จากตารางสถิติ})$$

$$F < F_{95;4,4} \quad \therefore \text{ข้อมูลของระยะเวลาบ่มไม่มีความแตกต่างกัน}$$

(ข) ค่าระหว่างอัตราส่วนซิกมา-อะดมินาคอปุนซิเมนต์

$$F = MSB/MSE = (5.98 \cdot 10^{-4}) / (-2.45 \cdot 10^{-3}) = -24.4$$

$$F_{99; 1,4} = 7.71 \quad (\text{จากตารางสถิติ})$$

$F < F_{99; 1,4} \therefore$ ข้อมูลของอัตราส่วนซิกมา-อะดมินาคอปุนซิเมนต์ไม่มีความแตกต่างกัน



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ประวัติผู้เขียน

นาย ประเสริฐ งามเลิศประเสริฐ เกิดวันที่ 15 พฤศจิกายน พ.ศ. 2512 สำเร็จ
 การศึกษาปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในปี
 การศึกษา 2536 เข้าทำงานในบริษัทเอ็น.เอส. เอเชีย จำกัด ในตำแหน่งวิศวกรเครื่องกล และ
 เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมตั้งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์
 มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2539



สถาบันวิทยบริการ
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย