

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมเรื่อง การกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้

แล้ว พ.ศ. 2548 2548 [ออนไลน์]. แหล่งที่มา:

http://www.diw.go.th/diw_web/html/versionthai/laws/00180774.pdf [2549,มกราคม 25]

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. รายงานพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยา จังหวัดอ่างทอง. โครงการสร้างความ

เข้มแข็งในการเฝ้าระวังเพื่อป้องกันและแก้ไขปัญหามลพิษจากโรงงานในพื้นที่ที่มีความ

เปราะบางด้านสิ่งแวดล้อม. 2551. หน้า 82-120.

ชาตรีสาวทรัพย์. การใช้ประโยชน์แล้วออกจากโรงไฟฟ้าชีวมวลในการผลิตคอนกรีตมวลเบา.

วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, ศูนย์วิจัยแห่งความเป็นเลิศด้านการจัดการสิ่งแวดล้อม

และของเสียอันตราย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2551.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. มอก. 1505 2541 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ชิ้นส่วนคอนกรีตมวลเบาแบบมีฟองอากาศ-อบไอน้ำ. กระทรวงอุตสาหกรรม. 2541.

ภาษาอังกฤษ

Bave, G., et al. Autoclaved Aerated Concrete CEB Manual of Design and Technology. 1st ed.

England: The construction Press, 1978.

Chen, Q., et al. 2009. Application of accelerated carbonation with a combination of Na_2CO_3 and

CO_2 in cement-based solidification/stabilization of heavy metal-bearing sediment. Journal of Hazardous Materials. 166: 421–427.

Cord, J. R. 1974. The manufacture and application of lightweight concrete., Building in South East Asia

Environmental Protection Agency (EPA). Method 1311. Toxicity Characteristic Leaching

Proceder. 1-38, 1992

Environmental Protection Agency (EPA). Method 3051A. Microwave assisted acid digestion of sediments, sludges, soils and oils. 1-30, 1995

- Giergiczny, Z., and Król, A. 2008. Immobilization of heavy metals (Pb, Cu, Cr, Zn, Cd, Mn) in the mineral additions containing concrete composites. Journal of Hazardous Materials. 160: 247–255.
- Gunawan, A. Appropriate Technology Development of Autoclaved Lightweight Mortars Using Pulverized Fly Ash and Bottom Ash. Master's Thesis, School of Civil Engineering Asian Institute of Technology, 2006.
- Katsioti, M., and Katsiotis, N. 2008. The effect of bentonite/cement mortar for the stabilization/solidification of sewage sludge containing heavy metals. Cement & Concrete Composites. 30:1013–1019.
- Kurama, H., Topçu, İ.B. and Karakurt, C. 2009. Properties of the autoclaved aerated concrete produced from coal bottom ash. Journal of Materials Processing Technology. 209: 767-773.
- Laukaitis, A., and Fiks, B. A coustical properties of aerated autoclaved concrete. Applied Acoustic. 67 (2006): 284-296.
- LaGreaga, M. D. 2001. Hazardous Waste Management. 2nd edition. McGraw-Hill. Publication SP 29. 1971. Lightweight Concrete. American Concrete Institute. 147-158.
- Ungsongkhun, T. 2005. Production of aerated and autoclaved lightweight mortar containing pulverized flyash and bottom ash. Asian institute of technology, Thailand
- Phuythamajitt, C. 2006. The effect of using flyash replacing Portland cement in autoclaved aerated lightweight concrete. King Mongkut's University of Technology Thonburi, Thailand
- IlkerBekirTopcu, andTayfun U. 2007. Properties of autoclaved lightweight aggregate concrete. Building and Environment 42: 4108–4116
- Phaiboon, P., andMallika, P. 2008. Reuse of thermosetting plastic waste for lightweight concrete. Waste Management 28: 1581–1588

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ข้อมูลดิบจากการทดลอง

ตาราง ก-1 โลหะหนักชนิดต่างๆที่อยู่ในกากของเสีย

วันที่เก็บ ตัวอย่าง	Al (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Fe (mg/kg)	K (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Zn (mg/kg)
17-พ.ช.-09	7213.94	2971.36	1.38	67.04	10.02	4732.16	1076.3	246.29	46.23	79.89	6708.92
19-พ.ช.-09	12345.04	2851	1.91	102.29	15.46	7718.18	1763.61	351.76	60.02	104.96	7133.91
24-พ.ช.-09	9233.53	3018.78	1.9	95.47	14.16	6633.62	1410.6	296.58	51.9	87.55	6632.14
26-พ.ช.-09	3483	2815.69	1.43	50.81	5.61	2936.55	423.73	184.22	46.33	55.5	6061.25
3-ธ.ค.-09	13050.62	2932.97	2.23	109.57	14.99	7854.12	1964.41	355.21	60.28	85.99	6403.81
8-ธ.ค.-09	3656.38	2895.45	1.21	56.98	7.46	2746.66	592.85	169.02	33.47	59.13	6132.64
15-ธ.ค.-09	2554.1	2752.65	1.47	38.69	4.75	2148.25	320.5	133.11	32.83	51.63	6004.39
17-ธ.ค.-09	8759.42	2858.95	2.34	147.19	22.29	6801.58	1042.51	318.39	69.33	86.87	6921.94
22-ธ.ค.-09	1631.6	3014.29	1.36	47.35	5.88	2008.87	303.63	154.54	26.82	48.82	5556.87
24-ธ.ค.-09	404.84	2962.81	0.64	20.94	2.33	614.37	121.17	78.05	17.16	39.6	5312.47
29-ธ.ค.-09	1075.78	3113.63	1.36	27.75	2.63	1198.64	292.88	113.25	16.95	40.81	5010.06
5-ม.ค.-10	4093.31	2936.67	1.67	91.04	9.72	3950.2	556.19	263.8	41.98	64.89	6183.09
Minimum	404.84	2752.65	0.64	20.94	2.33	614.37	121.17	78.05	16.95	39.6	5010.06
Maximum	13050.62	3113.63	2.34	147.19	22.29	7854.12	1964.41	355.21	69.33	104.96	7133.91
SD	4367.26	99.29	0.47	37.98	6.07	2580.65	619.72	95.83	16.98	21.29	643.20
Average	5625.13	2927.02	1.58	71.26	9.61	4111.93	822.37	222.02	41.94	67.14	6171.79

ตารางที่ก-2 กำลังรับแรงอัดของตัวอย่าง

Sample		Compressive strength (N/mm2)							Average	SD
time 12	0.24	3	3.2	3.2	3.2	3.6	3.6	2.4	3.17	0.41
	0.26	3	3.2	3	3.6	3.8	3.6	3.6	3.40	0.33
	0.3	2	1.8	2.2					2.00	0.20
time 16	0.24	4.8	4.8	5.2	5.6	4.8	5.2		5.07	0.33
	0.26	4	4.2	4.8	4.2	4			4.24	0.33
	0.3	2	2						2.00	0.00
time 18	0.24	2	3.2	3.2	2.4	3.2	2.8	2.8	2.80	0.46
	0.26	2	2.8	2.4	2.4	2	2		2.27	0.33
	0.3	2	2	2	1.6	2			1.92	0.18
cement/sand 65/35		3.6	3.2	4	3.6	3.2			3.52	0.33
cement/sand 60/40		3.2	2.8	2	2.4	2.8			2.64	0.46
cement/sand 55/45		2	2.4	2.8	2.8	2.4			2.48	0.33
AI 0.3%		3.2	2.8	2.4	2	2.8			2.64	0.46
AI 0.4%		2.4	2.4	2					2.27	0.23
AI 0.5%		1.6	2.2	2.4	2.4				2.15	0.38
Mixture 0		4.4	4	4	3.2	3.2	3.2		3.67	0.53
Mixture 1		4	4.4	4	4	4.4	4.4		4.20	0.22
Mixture 2		5.2	4.8	5.8	4.6	5.2			5.12	0.46
Mixture 3		1.2	1.6	1.2	1.4				1.35	0.19
Mixture 4		NA	NA	NA	NA	NA			NA	NA
Mixture 5		NA	NA	NA	NA	NA	NA		NA	NA
Add sludge 0%		12	12	12.6	12.8	12	12.6		12.33	0.37
Add sludge 10%		11.6	13.2	12	12.6	12			12.28	0.63
Add sludge 20%		6.8	6.8	4.8	6.4	5.6	6		6.07	0.78
Add sludge 30%		4.4	4	4.8	5.4	4.4			4.60	0.53
Add sludge 40%		1.6	2	1.8	1.6	1.6			1.72	0.18
Add sludge 50%		1.6	1.6	1.6	1.6				1.60	0.00

ตารางที่ ก-3 ค่าการดูดกลืนน้ำของตัวอย่าง

Sample	Water Absorption (kg/m ³)						Average	SD
Mixture 0	308	309.84	326.24	315.12	313.84	311.2	314.04	6.52
Mixture 1	358.32	355.04	353.12	319.36	353.52		347.87	16.07
Mixture 2	378.8	379.12	370	377.76	372.72		375.68	4.09
Mixture 3	406.64	407.04	403.2	408.08	405.84		406.16	1.84
Mixture 4	312.32	306.24	309.12	309.68	329.04		313.28	9.07
Mixture 5	406.64	403.92	408	393.92	405.52		403.60	5.61
Add sludge 0%	411.98	403.15	398.56				404.56	6.82
Add sludge 10%	428.24	467.2	425.92	433.36	456.4	426.08	439.53	17.79
Add sludge 20%	515.22	448.91	458.61	448.11	444.92	446.02	460.30	27.34
Add sludge 30%	400	371.76	383.92	384.64	384.56		384.98	10.02
Add sludge 40%	435.2	443.68	445.2	443.84	445.76	444.72	443.07	3.93
Add sludge 50%	503.6	469.28	485.76	484.8	488	476.96	484.73	11.55

ตารางที่ ก-5ค่าความเข้มข้นของสังกะสีในตัวอย่าง

Sample	Method	Zn concentration (ppm)			Average	SD
Mixture 0	TCLP	0.0063	0.0048	0.0056	0.0056	0.0008
Mixture 1	TCLP	0.0106	0.0098	0.0093	0.0099	0.0007
Mixture 2	TCLP	0.0089	0.0092	0.0086	0.0089	0.0003
Mixture 3	TCLP	0.0263	0.0243	0.0253	0.0253	0.0010
Mixture 4	TCLP	0.0188	0.0182	0.0178	0.0183	0.0005
Mixture 5	TCLP	0.0107	0.0113	0.0105	0.0108	0.0004
Add sludge 0%	TCLP	0.09056	0.08013	0.08646	0.0857	0.0053
Add sludge 10%	TCLP	0.1624	0.0837	0.08228	0.1095	0.0459
Add sludge 20%	TCLP	0.09984	0.09778	0.0934	0.0970	0.0033
Add sludge 30%	TCLP	0.08609	0.07667	0.08111	0.0813	0.0047
Add sludge 40%	TCLP	0.09379	0.1424	0.0355	0.0906	0.0535
Add sludge 50%	TCLP	0.00991	0.02685	0.03798	0.0249	0.0141
Mixture 0	Microwave	29.65	28.07	28.83	28.85	0.79
Mixture 1	Microwave	624.74	623.91	604.38	617.68	11.52
Mixture 2	Microwave	1208.9	1172.7	1217	1199.53	23.59
Mixture 3	Microwave	1823.1	1652.6	1599.7	1691.80	116.74
Mixture 4	Microwave	1981.8	2035.2	1980.8	1999.27	31.12
Mixture 5	Microwave	2370.4	2251.2	2372.4	2331.33	69.40
Add sludge 0%	Microwave	122	151	154	142.33	17.67
Add sludge 10%	Microwave	1560	1610	1650	1606.67	45.09
Add sludge 20%	Microwave	2580	2610	2600	2596.67	15.28
Add sludge 30%	Microwave	3130	3110	3140	3126.67	15.28
Add sludge 40%	Microwave	3260	3250	3290	3266.67	20.82
Add sludge 50%	Microwave	3630	3580	3480	3563.33	76.38
Add sludge 0%	WET	0.691				
Add sludge 10%	WET	8.88				
Add sludge 20%	WET	4.3				
Add sludge 30%	WET	5.11				
Add sludge 40%	WET	7.3				
Add sludge 50%	WET	0.335				
17 พ.ย. 09	Microwave	6425	6671	7030	6708.67	304.25
19 พ.ย. 09	Microwave	6530	7467	7403	7133.33	523.48
24 พ.ย. 09	Microwave	6484	6757	6653	6631.33	137.78
26 พ.ย. 09	Microwave	5820	6156	6206	6060.67	209.92
3 ธ.ค. 09	Microwave	6150	6376	6683	6403.00	267.52
8 ธ.ค. 09	Microwave	6211	6018	6167	6132.00	101.15
15 ธ.ค. 09	Microwave	5778	6052	6182	6004.00	206.23
17 ธ.ค. 09	Microwave	6897	6993	6875	6921.67	62.75
22 ธ.ค. 09	Microwave	5502	5537	5631	5556.67	66.71
24 ธ.ค. 09	Microwave	5002	5347	5587	5312.00	294.07
29 ธ.ค. 09	Microwave	4986	5015	5029	5010.00	21.93
5 ม.ค. 10	Microwave	6123	6200	6225	6182.67	53.16

ภาคผนวก ข

ข้อมูลการคำนวณค่าใช้จ่ายจากการผลิตคอนกรีตมวลเบา

ตารางที่ ข-1 การคำนวณค่าใช้จ่ายในการผลิตคอนกรีตมวลเบา 1 ลูกบาศก์เมตร โดยผสม
กากของเสีย 0%

Material	Used (unit)	Bulk	Weight (kg)	Volume (m ³)	used in fresh concrete	Value/unit	Value (baht)
Cement	1350	3.15	0.428571	4.2525	1818.59	2.3	4182.764
Lime	150	3.05	0.04918	0.4575	195.65	3	586.9534
Sand	1000	2.75	0.363636	2.75	1176.05	0.7	823.2315
Aluminum powder	10	1.5	0.006667	0.015	6.41	0	0
Water	600	1	0.6	0.6	256.59	0.003	0.769775
Sludge	0	0.6	0	0	0.00	0	0
Electricity					1	1050	1050
Total	3110		1.448055				6643.719

ตารางที่ ข-2 การคำนวณค่าใช้จ่ายในการผลิตคอนกรีตมวลเบา 1 ลูกบาศก์เมตร โดยผสม
กากของเสีย 10%

Material	Used (unit)	Bulk	Weight (kg)	Volume (m ³)	used in fresh concrete	Value/unit	Value (baht)
Cement	1215	3.15	0.385714	3.82725	1657.80	2.3	3812.938
Lime	135	3.05	0.044262	0.41175	178.35	3	535.0569
Sand	900	2.75	0.327273	2.475	1072.06	0.7	750.4441
Aluminum powder	9	1.5	0.006	0.0135	5.85	0	0
Water	700	1	0.7	0.7	303.21	0.003	0.909629
Sludge	250	0.6	0.416667	0.15	64.97	-1.2	-77.9682
Electricity					1	1050	1050
Total	3209		1.879916				6071.38

ตารางที่ ข-3 การคำนวณค่าใช้จ่ายในการผลิตคอนกรีตมวลเบา 1 ลูกบาศก์เมตร โดยผสม
กากของเสีย 20%

Material	Used (unit)	Bulk	Weight (kg)	Volume (m ³)	used in fresh concrete	Value/unit	Value (baht)
Cement	1080	3.15	0.342857	3.402	1090.12	2.3	2507.278
Lime	120	3.05	0.039344	0.366	117.28	3	351.838
Sand	800	2.75	0.290909	2.2	704.96	0.7	493.4704
Aluminum powder	8	1.5	0.005333	0.012	3.85	0	0
Water	800	1	0.8	0.8	256.35	0.003	0.769045
Sludge	500	0.6	0.833333	0.3	96.13	-1.2	-115.357
Electricity					1	1050	1050
Total	3308		2.311777				4287.999

**ตารางที่ ข-4 การคำนวณค่าใช้จ่ายในการผลิตคอนกรีตมวลเบา 1 ลูกบาศก์เมตร โดยผสม
กากของเสีย 30%**

Material	Used (unit)	Bulk	Weight (kg)	Volume (m ³)	used in fresh concrete	Value/unit	Value (baht)
Cement	945	3.15	0.3	2.97675	978.56	2.3	2250.692
Lime	105	3.05	0.034426	0.32025	105.28	3	315.8321
Sand	700	2.75	0.254545	1.925	632.81	0.7	442.9704
Aluminum powder	7	1.5	0.004667	0.0105	3.45	0	0
Water	900	1	0.9	0.9	295.86	0.003	0.887584
Sludge	750	0.6	1.25	0.45	147.93	-1.2	-177.517
Electricity					1	1050	1050
Total	3407		2.743638				3882.865

**ตารางที่ ข-5 การคำนวณค่าใช้จ่ายในการผลิตคอนกรีตมวลเบา 1 ลูกบาศก์เมตร โดยผสม
กากของเสีย 40%**

Material	Used (unit)	Bulk	Weight (kg)	Volume (m ³)	used in fresh concrete	Value/unit	Value (baht)
Cement	810	3.15	0.257143	2.5515	679.27	2.3	1562.316
Lime	90	3.05	0.029508	0.2745	73.08	3	219.2346
Sand	600	2.75	0.218182	1.65	439.27	0.7	307.4875
Aluminum powder	6	1.5	0.004	0.009	2.40	0	0
Water	1100	1	1.1	1.1	292.85	0.003	0.878536
Sludge	1000	0.6	1.666667	0.6	159.73	-1.2	-191.681
Electricity					1.00	1050	1050
Total	3606		3.2755				2948.236

**ตารางที่ ข-6 การคำนวณค่าใช้จ่ายในการผลิตคอนกรีตมวลเบา 1 ลูกบาศก์เมตร โดยผสม
กากของเสีย 50%**

Material	Used (unit)	Bulk	Weight (kg)	Volume (m ³)	used in fresh concrete	Value/unit	Value (baht)
Cement	675	3.15	0.214286	2.12625	573.89	2.3	1319.939
Lime	75	3.05	0.02459	0.22875	61.74	3	185.2227
Sand	500	2.75	0.181818	1.375	371.12	0.7	259.7841
Aluminum powder	5	1.5	0.003333	0.0075	2.02	0	0
Water	1200	1	1.2	1.2	323.89	0.003	0.97166
Sludge	1250	0.6	2.083333	0.75	202.43	-1.2	-242.915
Electricity					1	1050	1050
Total	3705		3.707361				2573.003

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นาย ฌภัทร โชติมงคล เกิดวันที่ 2 ตุลาคม พุทธศักราช 2526 สำเร็จการศึกษา
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย เมื่อปี พุทธศักราช 2548 ปัจจุบันอาศัยอยู่ที่ บ้านเลขที่ 72 แยก 2 ซอยโชคชัย4 36 ถนน
โชคชัย 4 เขต ลาดพร้าว กรุงเทพฯ ได้เข้ารับการศึกษ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา
วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2550



