ภาคผนวก ก
คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของวัสดุผสม

ตารางที่ ก-1
องค์ประกอบทางเคมีของวัสดุผสมที่ใช้ในการศึกษา

รายการวิเคราะห์	ปูนซีเมนต์	ฝุ่นหินปูน	เถ้าชานอ้อย
ซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2)	20.8	12.2	88.6
อะลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3)	5.2	1.0	3.8
ไอรอนออกไซด์ (Fe_2O_3)	3.2	0.4	2.2
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	66.3	46.7	3
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	1.2	0.3	0.9
โพแทสเซียมออกไซด์ (K_2O)	0.2	0	2.3
โซเดียมออกไซด์ (Na_2O)	0.1	0	0
ซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO_3)	2.4	0.2	0.3
ไททาเนียมออกไซด์ (TiO_2)	0.2	0.1	0.2
แคลเซียมอิสระ (Free CaO)	0.9	0	0

ตารางที่ ก-2

คุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุผสมที่ใช้ในการศึกษา

รายการวิเคราะห์	ปูนซีเมนต์	ฝุ่นหินปูน	เถ้าชานอ้อย
การสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการเผาไหม้ (ร้อยละ)	0.96	37.19	0.24
ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	0.19	2.31	5.47
พื้นที่ผิวจำเพาะ โดยวิธีเบลน (ตร.ซม./กรัม)	3248	5088	1718
ความถ่วงจำเพาะ	3.11	2.70	1.80
ความละเอียด (ขนาดอนุภาค, ร้อยละผ่าน)			
$\geq$ 75 ไมโครเมตร	0.50	9.36	38.54
75 ไมโครเมตร	5.25	9.28	49.06
45 ไมโครเมตร	3.60	2.04	66.06
$\leq$ 36 ไมโครเมตร	90.62	78.78	70.76
ดัชนีกำลัง			
ที่อายุ 7 วัน	100	98.2	52.7
ที่อายุ 28 วัน	100	80.5	52.6
ค่าความต้องการน้ำ (ร้อยละ)	100	102	111
ความหนาแน่นรวม (กก./ลิตร)	1.03	0.94	0.30

ตารางที่ ก-3

การเปรียบเทียบความเป็นปอซโซลานของวัสดุผสมที่ใช้ในการศึกษา

ตามมาตรฐาน ASTM C 618

องค์ประกอบทางเคมี	หมวดวัสดุปอซโซลาน			ฝุ่นหินปูน	เถ้าชานอ้อย
	N	F	C		
ร้อยละต่ำสุดของซิลิคอนไดออกไซด์+อะลูมิเนียมออกไซด์+ไอรอนออกไซด์	70	70	50	13.5	94.6
ร้อยละสูงสุดของซัลเฟอร์ไตรออกไซด์	4	5	5	0.04	0.30
ร้อยละสูงสุดของอัลคาไลน์ในรูปของโซเดียมออกไซด์เทียบเท่า(Na_2O + 0.658K_2O)	1.5	1.5	1.5	0.1	1.5
คุณสมบัติทางกายภาพ	N	F	C	ฝุ่นหินปูน	เถ้าชานอ้อย
ความละเอียด(ร้อยละค้างสูงสุดบนตะแกรงขนาด 45 ไมโครเมตร)	34	34	34	19.2	49.1
ดัชนีกำลัง					
ที่อายุ 7 วัน	75	75	75	98.2	52.7
ที่อายุ 28 วัน	75	75	75	80.5	52.6
ความต้องการน้ำสูงสุด (ร้อยละ)	115	105	105	102	111
การสูญเสียเนื่องจากการเผาไหม้ สูงสุด (ร้อยละ)	10	6	6	37.19	0.24
ปริมาณความชื้นสูงสุด (ร้อยละ)	3	3	3	2.31	5.47

ตามมาตรฐาน ASTM C 618 ได้จำแนกประเภทของวัสดุปอซโซลานออกเป็น 3 ชนิด ซึ่งแสดงในตารางที่ ก.3 กล่าวคือ

หมวด N ใช้สำหรับพิจารณาวัสดุปอซโซลานที่มีแหล่งที่มาจากธรรมชาติ โดยมีองค์ประกอบทางเคมีส่วนใหญ่เป็นซิลิคอนไดออกไซด์หรืออะลูมิเนียมออกไซด์

หมวด F ใช้สำหรับพิจารณาเถ้าลอยที่ได้จากการเผาถ่านหินแอนทราไซด์ (Anthracite) หรือถ่านหินบิทูมินัส (Bituminous Coal)

หมวด C ใช้เพื่อพิจารณาเถ้าลอยที่ได้จากการเผาถ่านหินลิกไนต์ (Lignite) หรือถ่านหินซับบิทูมินัส (Bituminous Coal)

ตารางที่ ก-4

ค่าโมดูลัสความละเอียดของเถ้าชานอ้อย

การทดสอบค่าโมดูลัสความละเอียด (Fineness Modulus) **ของเถ้าชานอ้อย ครั้งที่** 1						
ตะแกรงเบอร์	น.น.ตะแกรง (g.)	น.น.ตะแกรง + น.น.ตัวอย่าง (g.)	น.น.ตัวอย่างคงค้าง (g.)	ร้อยละที่ค้างบนตะแกรง	ร้อยละสะสมที่ค้างบนตะแกรง	ร้อยละที่ผ่านตะแกรง
4	446.91	447.34	0.43	0.061	0.061	99.939
8	430.52	432.56	2.04	0.291	0.353	99.647
16	410.71	435.56	24.85	3.551	3.903	96.097
30	351.62	586.92	235.30	33.620	37.523	62.477
50	316.34	456.68	140.34	20.052	57.575	42.425
100	307.58	538.73	231.15	33.027	90.601	9.399
200	304.54	350.69	46.15	6.594	97.195	2.805
PAN	287.12	306.75	19.63	2.805	100.00	0.000
$\sum$	2855.34	3555.23	699.89	100.00	-	-
Δ	-	699.89	-	-	190.017	-
ค่าโมดูลัสความละเอียด (Fineness Modulus) = 1.90						

ตารางที่ ก-4 (ต่อ)

ค่าโมดูลัสความละเอียดของเถ้าชานอ้อย

การทดสอบค่าโมดูลัสความละเอียด (Fineness Modulus) **ของเถ้าชานอ้อย ครั้งที่** 2						
ตะแกรงเบอร์	น.น.ตะแกรง (g.)	น.น.ตะแกรง + น.น.ตัวอย่าง (g.)	น.น.ตัวอย่างคงค้าง (g.)	ร้อยละที่ค้างบนตะแกรง	ร้อยละสะสมที่ค้างบนตะแกรง	ร้อยละที่ผ่านตะแกรง
4	447.31	448.59	1.28	0.183	0.183	99.817
8	430.62	433.46	2.84	0.407	0.590	99.410
16	410.91	439.84	28.93	4.143	4.733	95.267
30	352.32	607.79	255.47	36.582	41.315	58.685
50	317.04	474.31	157.27	22.521	63.836	36.164
100	308.48	508.63	200.15	28.661	92.496	7.504
200	305.32	341.59	36.27	5.194	97.690	2.310
PAN	287.13	303.26	16.13	2.310	100.00	0.000
$\sum$	2859.13	3557.47	698.34	100.00	-	-
Δ	-	698.34	-	-	203.153	-
ค่าโมดูลัสความละเอียด (Fineness Modulus) = 2.03						

ตารางที่ ก-4 (ต่อ)

ค่าโมดูลัสความละเอียดของเถ้าชานอ้อย

การทดสอบค่าโมดูลัสความละเอียด (Fineness Modulus) **ของเถ้าชานอ้อย ครั้งที่** 3						
ตะแกรงเบอร์	น.น.ตะแกรง (g.)	น.น.ตะแกรง + น.น.ตัวอย่าง (g.)	น.น.ตัวอย่างคงค้าง (g.)	ร้อยละที่ค้างบนตะแกรง	ร้อยละสะสมที่ค้างบนตะแกรง	ร้อยละที่ผ่านตะแกรง
4	447.01	447.50	0.49	0.070	0.070	99.930
8	430.92	433.94	3.02	0.432	0.502	99.498
16	411.52	440.15	28.63	4.094	4.596	95.404
30	352.97	560.74	207.77	29.712	34.308	65.692
50	317.65	491.48	173.83	24.858	59.167	40.833
100	308.92	549.94	241.02	34.467	93.633	6.367
200	305.97	338.12	32.15	4.598	98.231	1.769
PAN	287.12	299.49	12.37	1.769	100.00	0.000
$\sum$	2862.08	3561.36	699.28	100.00	-	-
Δ	-	699.28	-	-	192.276	-
ค่าโมดูลัสความละเอียด (Fineness Modulus) = 1.92						

ตารางที่ ก-4 (ต่อ)

ค่าโมดูลัสความละเอียดของเถ้าชานอ้อย

ค่าโมดูลัสความละเอียด (Fineness Modulus) **โดยเฉลี่ยของเถ้าชานอ้อย**						
ตะแกรงเบอร์	น.น.ตะแกรง (g.)	น.น.ตะแกรง + น.น.ตัวอย่าง (g.)	น.น.ตัวอย่างคงค้าง (g.)	ร้อยละที่ค้างบนตะแกรง	ร้อยละสะสมที่ค้างบนตะแกรง	ร้อยละที่ผ่านตะแกรง
4	447.080	447.810	0.730	0.105	0.105	99.895
8	430.690	433.320	2.630	0.377	0.482	99.518
16	411.050	438.520	27.470	3.929	4.410	95.590
30	352.300	585.150	232.850	33.303	37.714	62.286
50	317.010	474.160	157.150	22.476	60.190	39.810
100	308.330	532.430	224.110	32.053	92.243	7.757
200	305.280	343.470	38.190	5.462	97.705	2.295
PAN	287.120	303.170	16.040	2.295	100.000	0.000
$\sum$	2858.850	3558.020	699.170	100.000	-	-
Δ	-	699.170	-	-	195.144	-
ค่าโมดูลัสความละเอียด (Fineness Modulus) = 1.95						

ตารางที่ ก-5

ค่าโมดูลัสความละเอียดของฝุ่นหินปูน

การทดสอบค่าโมดูลัสความละเอียด (Fineness Modulus) **ของฝุ่นหินปูน**						
ตะแกรงเบอร์	น.น.ตะแกรง (g.)	น.น.ตะแกรง + น.น.ตัวอย่าง (g.)	น.น.ตัวอย่างคงค้าง (g.)	ร้อยละที่ค้างบนตะแกรง	ร้อยละสะสมที่ค้างบนตะแกรง	ร้อยละที่ผ่านตะแกรง
4	447.08	447.08	0.00	0.000	0.000	100.000
8	430.69	430.69	0.00	0.000	0.000	100.000
16	411.05	411.14	0.09	0.075	0.075	99.925
30	352.30	364.31	12.01	10.045	10.120	89.880
50	317.01	357.79	40.78	34.108	44.229	55.771
100	308.33	349.30	40.97	34.267	78.496	21.504
200	305.28	324.48	19.20	16.059	94.555	5.445
PAN	287.12	293.63	6.51	5.445	100.00	0.000
$\sum$	2858.86	2978.42	119.56	100.00	-	-
Δ	-	119.56	-	-	132.921	-
ค่าโมดูลัสความละเอียด (Fineness Modulus) = 1.32						

ตารางที่ ก-6

ค่าโมดูลัสความละเอียดของทราย

การทดสอบค่าโมดูลัสความละเอียด (Fineness Modulus) **ของทราย**						
ตะแกรงเบอร์	น.น.ตะแกรง (g.)	น.น.ตะแกรง + น.น.ตัวอย่าง (g.)	น.น.ตัวอย่างคงค้าง (g.)	ร้อยละที่ค้างบนตะแกรง	ร้อยละสะสมที่ค้างบนตะแกรง	ร้อยละที่ผ่านตะแกรง
4	447.08	447.08	0.00	0.000	0.000	100.000
8	430.69	430.72	0.03	0.026	0.026	99.974
16	411.05	412.23	1.18	1.008	1.033	98.967
30	352.30	361.94	9.64	8.232	9.266	90.734
50	317.01	361.55	44.54	38.036	47.301	52.699
100	308.33	348.46	40.13	34.270	81.571	18.429
200	305.28	322.38	17.10	14.603	96.174	3.826
PAN	287.12	291.60	4.48	3.826	100.00	0.000
$\sum$	2858.86	2975.96	117.10	100.00	-	-
Δ	-	117.10	-	-	139.197	-
ค่าโมดูลัสความละเอียด (Fineness Modulus) = 1.39						

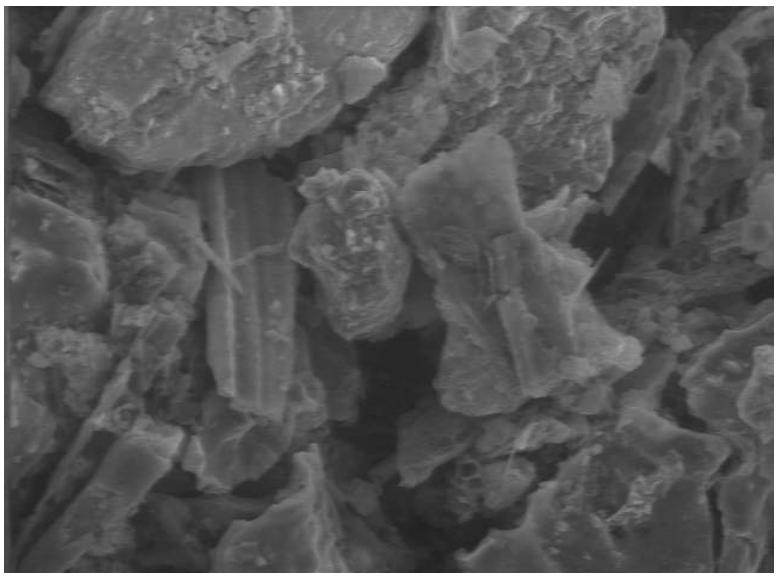
ตารางที่ ก-7

ปริมาณน้ำตาลคงเหลือในเถ้าชานอ้อย

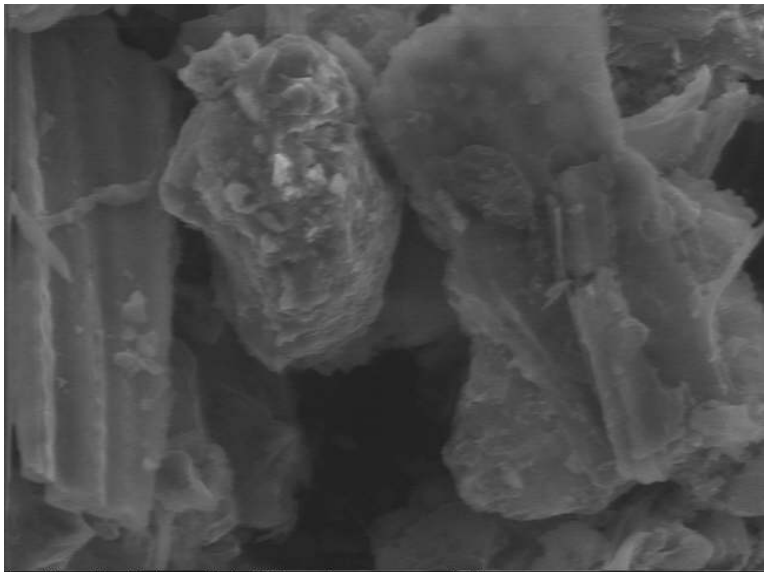
ลำดับที่	ชนิดของสารที่ตรวจ	หน่วย	ผลการวิเคราะห์			วิธีการวิเคราะห์
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	
1	ค่า Reducing Sugar	$\mu g / g$ sample	913.60	862.50	888.00	สกัดด้วย alcohol และตรวจหา reducing sugar ด้วย Dinitrosalicylic colorimetric method
2	ค่า Reducing Sugar	$\mu g / g$ sample	50.00	43.80	46.90	สกัดด้วย alcohol และตรวจหา reducing sugar ด้วย Dinitrosalicylic colorimetric method

หมายเหตุ ลำดับที่ 1 กากชานอ้อย

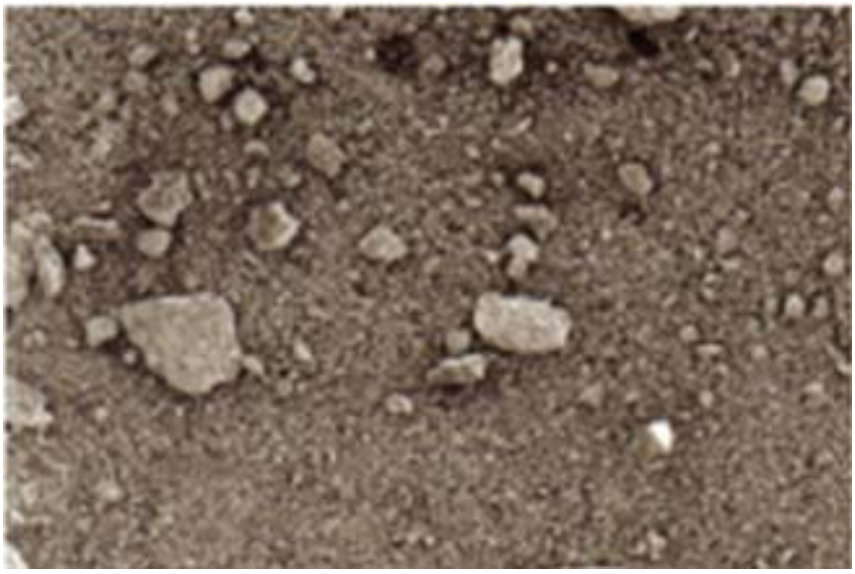
ลำดับที่ 2 เถ้าชานอ้อย



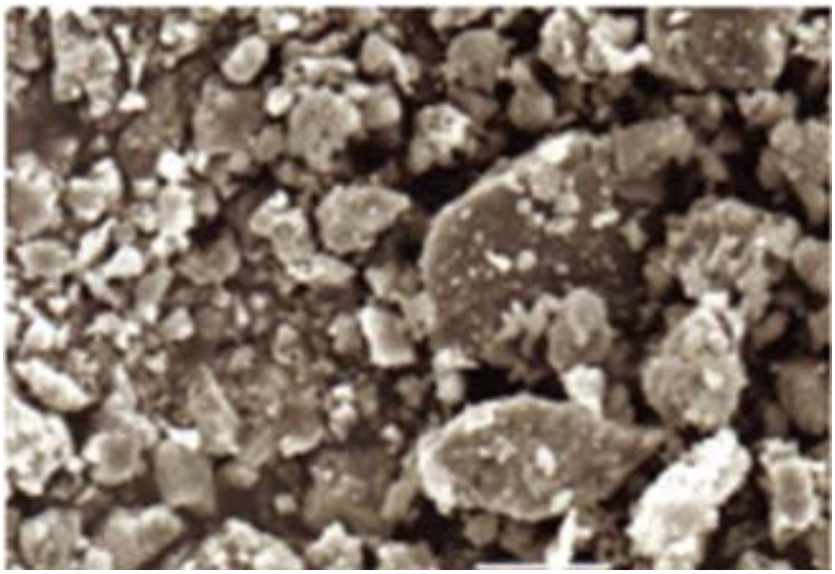
ภาพที่ ก-1 อนุภาคของเถ้าชานอ้อย (กำลังขยาย 500 เท่า)



ภาพที่ ก-2 อนุภาคของเถ้าชานอ้อย (กำลังขยาย 1000 เท่า)



ภาพที่ ก-3 อนุภาคของฝุ่นหินปูนกำลังขยาย 100 เท่า (บุรฉัตร ฉัตรวีระ, 2550)



ภาพที่ ก-4 อนุภาคของฝุ่นหินปูนกำลังขยาย 2000 เท่า (บุรฉัตร ฉัตรวีระ, 2550)