

รายการอ้างอิง

ดาวัลย์ วิวรรณะเดช. โครงการจัดทำแผนการจัดการด้านสิ่งแวดล้อมในพื้นที่การทำเหมืองหิน.
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2551.

วิชาญ วิทยากัย บุนนาค. อิทธิพลของปัจจัยในการบ่มต่อสมบัติเชิงกลของอีพอกซีเรซินเสริมใยแก้วสำหรับเคลือบคอนกรีตและมอร์ตาร์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี ภาควิชาวิศวกรรมเคมีคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.

อรอุษา สรวารี. สารเคลือบผิว(สี วาร์นิช และแล็กเกอร์). พิมพ์ครั้งที่1. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542.

C.B.Ng, L.S. Schadler, and R.W.Siegel, Synthesis And Mechanical Properties of TiO_2 Epoxy Nanoparticle. Material Science and Engineering Polytechnic Institute, 1999.

T.Maity, B.C.Samanta ,Dalai , A.K.Banthia. Curing study of epoxy resin by new aromatic amine functional curing agent along with mechanism and thermal evaluation. Material Science and Engineering Vidyasagar University, 2007.

Y. Zhang, Y. Zhang, and R.Ning. Effect of nanoparticle SiO_2 on the performance of nanoparticle. Department of Chemical Engineering Northwestern Polytechnical University, 2003.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ข้อมูลการทดลองการทดลองการทดสอบแรงกระแทก

ตาราง ก1 ข้อมูลการทดสอบการทดสอบแรงกระแทกของวัสดุเสริมองค์ประกอบชนิดอีพอกซีเรซินที่ผสมกับสารตัวเติมชนิดต่างๆโดยมีการปรับเปลี่ยนขนาดอนุภาคสารตัวเติมและปริมาณสารตัวเติมที่ใช้ในการผสม

ชนิดและปริมาณ สารเสริมแรง		Impact strength(kJ/m ²)													
		neat epoxy		5phr		10phr		15phr		20phr		25phr		30phr	
				Energy	SD	Energy	SD	Energy	SD	Energy	SD	Energy	SD	Energy	SD
		Energy	SD	Energy	SD	Energy	SD	Energy	SD	Energy	SD	Energy	SD	Energy	SD
neat epoxy 1:1		ไม่แตก	ไม่แตก												
neat epoxy 2:1		5.482	0.582												
neat epoxy 3:1		1.789	0.498												
3#sand				2.829	1.317	1.828	0.204	2.086	0.658	1.662	0.532	0.997	0.595	0.692	0.137
4#sand				2.729	1.378	2.582	1.132	2.67	0.511	1.731	0.372	1.569	0.159	1.773	0.413



ชนิดและปริมาณสารเสริมแรง	Impact strength(kJ/m ²)													
	neat epoxy		5phr		10phr		15phr		20phr		25phr		30phr	
	Energy	SD	Energy	SD	Energy	SD	Energy	SD	Energy	SD	Energy	SD	Energy	SD
-90+75micron L			2.040	0.496	1.148	0.410	2.085	0.376	1.261	0.494	1.468	0.482	1.65	0.281
-75+53micron L			2.206	0.689	1.847	0.433	1.35	0.401	0.914	0.340	1.61	0.113	1.692	0.132
-53+45micron L			2.349	0.421	1.835	0.385	1.869	0.247	1.742	0.180	1.738	0.165	1.571	0.249
-45+38micron L			2.515	0.228	1.414	0.567	2.357	0.404	1.989	0.314	1.872	0.113	2.034	0.258
-38+25micron L			2.659	0.199	2.445	0.107	1.626	0.219	1.101	0.131	0.925	0.066	0.835	0.225
-25+15micron L			2.368	0.308	2.606	0.236	2.422	0.265	1.962	0.485	2.255	0.370	1.667	0.144
As recived Limstone			2.364	0.478	2.362	0.456	2.475	0.216	1.894	0.346	1.726	0.274	1.551	0.226
-45+38micron Treated L			3.073	0.244	3.383	0.256	2.591	0.223	1.916	0.229	1.867	0.105	1.975	0.260



		Impact strength(kJ/m ²)													
ชนิดและปริมาณสารเสริมแรง		neat epoxy		5phr		10phr		15phr		20phr		25phr		30phr	
		Energy	SD	Energy	SD	Energy	SD	Energy	SD	Energy	SD	Energy	SD	Energy	SD
-90+75micron G															
-75+53micron G		1.780 0.795 1.623 0.061 1.643 0.059 1.635 0.166 1.752 0.128 1.683 0.089													
-53+45micron G		1.631 0.969 1.624 0.267 1.515 0.378 1.726 0.091 1.644 0.116 1.628 0.092													
-45+38micron G		1.741 0.329 1.065 0.095 1.587 0.079 1.652 0.136 1.65 0.069 1.65 0.125													
-38+25micron G		3.169 0.234 3.712 0.234 3.110 0.195 3.196 0.133 1.485 0.067 1.491 0.047													
-25+15micron G		1.815 0.105 2.237 0.499 1.551 0.193 1.83 0.367 1.692 0.070 1.765 0.108													
As recived Granite		1.735 0.399 1.699 0.124 1.772 0.199 1.724 0.083 1.72 0.093 1.707 0.140													
-45+38micron Treated G		2.214 0.710 1.761 1.016 1.681 0.658 1.364 0.744 1.370 0.449 1.408 0.490													
		3.441 0.156 3.809 0.212 3.349 0.238 3.103 0.146 1.930 0.267 1.738 0.303													

ภาคผนวก ข

ข้อมูลการทดลองการทดลองการทดสอบความแข็ง

ตาราง ข1 ข้อมูลการทดสอบการทดสอบความแข็งของวัสดุเสริมองค์ประกอบชนิดอีพอกซีเรซินที่ผสมกับสารตัวเติมชนิดต่างๆโดยมีการปรับเปลี่ยนขนาดอนุภาคสารตัวเติมและปริมาณสารตัวเติมที่ใช้ในการผสม

ชนิดและปริมาณสารเสริมแรง		Hardness(shore D)															
		neat epoxy		5phr		10phr		15phr		20phr		25phr		30phr			
				Energy	SD	Energy	SD	Energy	SD	Energy	SD	Energy	SD	Energy	SD		
		Energy	SD	Energy	SD	Energy	SD	Energy	SD	Energy	SD	Energy	SD	Energy	SD		
neat epoxy 1:1		45.7	3.4														
neat epoxy 2:1		72	2.0														
neat epoxy 3:1		66.6	3.6														
3#sand				73.4	2.6	73.8	3.8	76.7	2.8	74.7	1.2	76.7	3.6	79	2.2		
4#sand				71.9	1.9	73.9	1.8	73.1	3.1	76.5	1.6	76.2	2.0	77.3	1.7		

Hardness(shore D)															
ชนิดและปริมาณสารเสริมแรง		neat epoxy		5phr		10phr		15phr		20phr		25phr		30phr	
		Energy	SD	Energy	SD	Energy	SD	Energy	SD	Energy	SD	Energy	SD	Energy	SD
-90+75micron L															
-75+53micron L															
-53+45micron L															
-45+38micron L															
-38+25micron L															
-25+15micron L															
As recived Limstone															
-45+38micron Treated L															

ชนิดและปริมาณสารเสริมแรง		Hardness(shore D)													
		neat epoxy		5phr		10phr		15phr		20phr		25phr		30phr	
		Energy	SD	Energy	SD	Energy	SD	Energy	SD	Energy	SD	Energy	SD	Energy	SD
-90+75micron G															
-75+53micron G		73.3	2.1	76.5	2.6	73.9	1.9	75.7	3.8	76.1	2.0	78.5	1.3		
-53+45micron G		75.7	1.6	74.6	2.3	74.5	2.2	74.3	2.4	77.4	1.6	75.9	2.5		
-45+38micron G		72.9	2.8	76.4	2.0	75.3	2.6	77.5	1.6	78.1	1.4	75.7	3.2		
-38+25micron G		76.2	2.5	76	2.6	76.1	1.6	75.9	1.8	76.8	2.0	77.3	2.7		
-25+15micron G		76.7	1.7	73.5	2.2	77.1	2.2	76.9	1.1	76.2	2.7	75.9	2.5		
As recived Granite		77.1	2.0	76.2	1.2	74.5	1.8	77.4	1.7	77.3	2.5	77.3	2.1		
-45+38micron Treated G		75.7	2.7	76.2	2.9	76.6	2.2	76.1	2.0	76.3	2.4	77.1	2.4		
		75.6	2.4	75.9	2.5	76.1	1.6	75.8	1.9	76.8	2.4	77.2	2.8		

ภาคผนวก ค

ข้อมูลการทดลองการทดลองการทดสอบแรงกดอัด

ตาราง ค1 ข้อมูลการทดสอบการทดสอบแรงกดอัดของวัสดุเสริมองค์ประกอบชนิดอีพอกซีเรซินที่ผสมกับสารตัวเติมที่มีการปรับเปลี่ยนขนาดอนุภาคสารตัวเติมและปริมาณสารตัวเติมที่ใช้ในการผสม

Compressive strength(MPa)														
ชนิดและปริมาณสารเสริมแรง	neat epoxy		5phr		10phr		15phr		20phr		25phr		30phr	
	Energy	SD	Energy	SD	Energy	SD	Energy	SD	Energy	SD	Energy	SD	Energy	SD
	ไม่แตก	ไม่แตก												
	87.31	3.64												
neat epoxy 1:1														
neat epoxy 2:1														
neat epoxy 3:1														
3#sand				64.33	4.53	52.44	8.91	36.06	1.78	32.85	11.27	43.41	3.69	3.69
4#sand				34.20	2.40	34.20	5.86	46.61	5.52	39.57	3.17	45.51	4.79	9.10



Compressive strength(MPa)														
ชนิดและปริมาณสารเสริมแรง	neat epoxy		5phr		10phr		15phr		20phr		25phr		30phr	
	Energy	SD	Energy	SD	Energy	SD	Energy	SD	Energy	SD	Energy	SD	Energy	SD
-90+75micron L			71.15	2.25	66.39	8.99	48.05	6.72	54.01	14.06	61.40	3.50	57.17	7.22
-75+53micron L			56.56	11.16	75.01	3.98	80.91	5.35	85.72	4.03	78.93	2.88	81.70	4.27
-53+45micron L			80.61	3.45	86.12	2.43	81.22	2.60	79.39	3.42	80.02	1.22	82.35	2.77
-45+38micron L			75.37	4.46	83.36	2.96	77.60	2.93	81.74	2.94	84.86	1.93	76.95	1.73
-38+25micron L			77.05	3.71	79.12	2.59	79.30	2.86	78.88	2.38	66.22	4.52	83.48	4.04
-25+15micron L			76.18	4.50	79.05	3.70	77.51	2.40	82.76	2.13	80.68	5.72	81.70	4.27
As recived Limestone			77.68	2.78	80.22	3.45	79.76	1.42	81.30	1.10	83.46	3.77	85.04	4.12
-45+38micron Treated L			81.28	2.70	83.05	3.42	81.19	4.54	86.55	2.88	87.21	2.55	86.94	2.49

ชนิดและปริมาณสารเสริมแรง		Compressive strength(MPa)													
		neat epoxy		5phr		10phr		15phr		20phr		25phr		30phr	
		Energy	SD	Energy	SD	Energy	SD	Energy	SD	Energy	SD	Energy	SD	Energy	SD
-90+75micron G															
-75+53micron G															
-53+45micron G															
-45+38micron G															
-38+25micron G															
-25+15micron G															
As recived Granite															
-45+38micron Treated G															

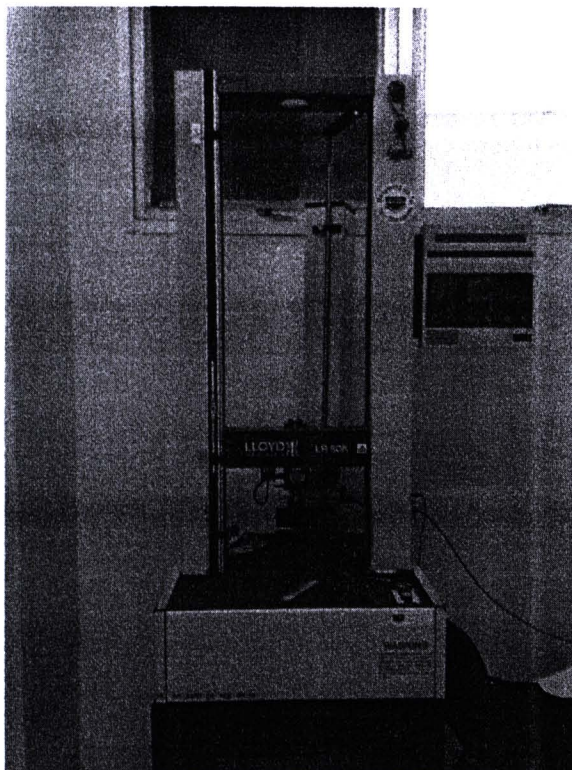
ภาคผนวก ง
เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง



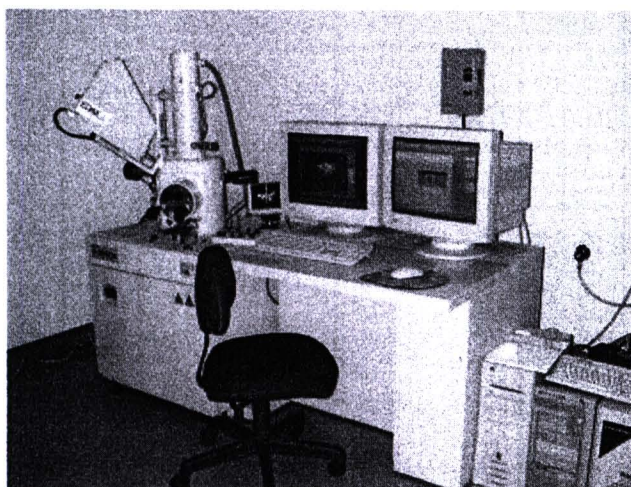
รูปที่ ง1 เครื่อง Impact testing machine รุ่น Zwick model GT7016A2



รูปที่ ง2 เครื่อง Hardness testing machine รุ่น PTC model 402



รูปที่ ง3 เครื่อง Universal testing machine (UTM) รุ่น LLOYD model LR 50K



รูปที่ ง4 เครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM) JSM-35CF

ภาคผนวก จ
ข้อมูลทั่วไปของสารตัวเดิมที่ใช้การทดลอง

หินทราย (sandstone)

เป็นหินมีลักษณะ เนื้อหยาบ จับดูระคายมือ เพราะประกอบด้วยเม็ดทรายขนาดแตกต่างกัน (1/16 – 2 มม.) เม็ดแร่ส่วนใหญ่เป็นแร่ควอร์ตซ์ แต่อาจมีแร่อื่นและเศษหินดินปะปนอยู่ด้วย เพราะมีวัตถุประสานมีความแข็งแรงมากสามารถขุดเหล็กเป็นรอยได้ มีสีต่าง ๆ เช่น แดง น้ำตาล เทา เขียว เหลืองอ่อน อาจแสดงรอยชั้นให้เห็น มีซากดึกดำบรรพ์

เกิดจากการรวมตัวกันของเม็ดทราย ประกอบด้วยควอร์ตซ์เป็นส่วนใหญ่ อาจมีแร่แมกเนไทต์และไมกาปะปนอยู่ วัตถุประสาน (ซีเมนต์) ส่วนมากเป็นพวกซิลิกา (ควอร์ตซ์ หรือ เชิร์ต) แคลไซต์ โดโลไมต์ เหล็กออกไซด์ ซึ่งมักทำให้หินมีสีเหลือง น้ำตาล แดง

- ในประเทศไทย พบมากทางภาคอีสาน จังหวัดราชบุรี เพชรบุรี กาญจนบุรี และทางภาคใต้บางแห่ง

หินปูน (limestone)

เป็นหินในกลุ่มหินตะกอน มีชื่อวิทยาศาสตร์ที่รู้จักกันในหมู่นักธรณีว่า แร่แคลไซต์ (Calcite)(CaCO_3) เป็นหินตะกอนคาร์บอเนต เกิดจากการทับถมของตะกอนคาร์บอเนตในท้องทะเล ทั้งจากสารอนินทรีย์ และซากสิ่งมีชีวิต เช่น ปะการัง และกระดองของสัตว์ทะเล ซึ่งทับถมกันภายใต้ความกดดันและตกผลึกใหม่เป็นแร่แคลไซต์จึงทำปฏิกิริยากับกรด เนื้อแน่นละเอียดทึบ มีสีออกขาว เทา ชมพู หรือสีดำ อาจมีซากดึกดำบรรพ์ในหินได้ เช่น ซากหอย ปะการัง ภูเขาหินปูนมักมีรอยแตกแหว่งเป็นหน้าผา และเป็นหินที่ละลายน้ำได้ดี

- บริเวณที่พบ จังหวัดสระบุรี เพชรบุรี กระบี่ นครศรีธรรมราช พังงา
- ประโยชน์ ใช้ในอุตสาหกรรมทาง ทำถนน ทางรถไฟ เผาทำปูนซีเมนต์ ปูนขาว หรือปูนกินหมาก ทำแคลเซียมคาร์ไบด์ ทำวัสดุทนไฟ ทำปุ๋ย และทำสี

องค์ประกอบทางเคมี

- (CaO) 38-42%, Silica (SiO_2) 20-25%, Alumina (Al_2O_3) 2-4%,
Other Oxides like Na, Mg 1.5 to 2.5% Loss On Ignition (LOI) 30-32%.
- Hardness 3 to 4 on Moh's Scale
- Density 2.5 to 2.65 Kg/m^3
- Compressive Strength 1800 to 2100 Kg/cm^2
- Water Absorption Less than 1% Porosity Quite low Weather Impact Resistant

หินแกรนิต(Granite)

แกรนิตอยด์เป็นองค์ประกอบของชั้นเปลือกโลกที่มีอยู่ทั่วไป มันตกผลึกจากแมกมาที่มีองค์ประกอบอยู่ที่จุดหรือใกล้ๆกับจุดยูเทคติก (eutectic point) (หรือที่จุดต่ำสุดของอุณหภูมิบนเส้นกราฟโคเทคติก) แมกมาจะวิวัฒนาการไปสู่จุดยูเทคติกเนื่องจากการแยกส่วนทางอัคนี (igneous differentiation) หรือเพราะว่ามันอยู่ที่ระดับล่างๆของการหลอมละลายบางส่วน การตกผลึกแบบแยกส่วนนี้ทำให้เกิดการลดลงในการหลอมเหลวของเหล็ก แมกนีเซียม ไททาเนียม แคลเซียม และโซเดียม และเพิ่มการหลอมเหลวของโปแตสเซียมและซิลิกอน – แอลคาไลน์เฟลด์สปาร์ (อุดมไปด้วยโปแตสเซียม) และควอตซ์ (SiO_2) ถือเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของแกรนิต

กระบวนการนี้ดำเนินไปโดยไม่คำนึงถึงแหล่งของแมกมาต้นกำเนิดที่จะพัฒนาไปเป็นแกรนิต และไม่คำนึงถึงองค์ประกอบทางเคมีของมันด้วย อย่างไรก็ตามแหล่งและองค์ประกอบของแมกมาที่ได้เปลี่ยนแปลงไปเป็นแกรนิตนั้นได้ทั้งหลักฐานทางแร่และธรณีเคมีที่แน่นอนชัดเจน เอาไว้ที่จะระบุถึงหินต้นกำเนิดของแกรนิตนั้นได้ วิเคราะห์ เนื้อหิน และองค์ประกอบทางเคมีสุดท้ายของหินแกรนิตหนึ่งๆปรกติแล้วจะมีลักษณะเฉพาะตามหินต้นกำเนิด ยกตัวอย่างเช่น หินแกรนิตที่เกิดจากการหลอมละลายของตะกอนอาจมีแอลคาไลน์เฟลด์สปาร์สูง ขณะที่แกรนิตที่เกิดจากการหลอมมาจากหินบะซอลต์อาจอุดมไปด้วยแพลซิโอเคลสเฟลด์สปาร์ มันอยู่บนพื้นฐานนี้ที่ว่าการจำแนกแบบอัลฟาเบตสมัยใหม่ได้ถูกนำมาใช้เป็นเกณฑ์

องค์ประกอบทางเคมี

- SiO_2 72.04%, Al_2O_3 14.42%, K_2O 4.12%, Na_2O 3.69%, CaO 1.82%
- FeO 1.68%, Fe_2O_3 1.22%, MgO 0.71%, TiO_2 0.30%, P_2O_5 0.12%,
- MnO 0.05%

Absorption

% by weight

0.11

Densitylbs/ft³ (kg/m³)

166.1 (2,660)

Conv: lb/ft³ x 16.0283 = kg/m³**Modulus of Rupture**lbs/in² (Mpa)

2,720 (18.8)

Conv: x.xxxpsi / 1.45 = Mpa

Compressive Strengthlbs/in² (Mpa)

26,600 (240)

Conv: x.xxxpsi / 1.45 = Mpa

Abrasion Resistance

Ha (mm)

81.5

Flexural Strengthlbs/in² (Mpa)

2,520 (17.4)

Conv: x.xxxpsi / 1.45 = Mpa

Flexural Modulus of ElasticityParallel to Rift Direction

7.15E+06 (49.3)

lbs/in² (Gpa)

Conv: x.xxE+06psi / 1.45 = Gpa

Flexural Modulus of ElasticityPerpendicular to Rift Direction

6.28E+06 (43.3)

lbs/in² (Gpa)

Conv: x.xxE+06psi / 1.45 = Gpa

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายธีระพงษ์ บัวศรี เกิดวันที่ 21 ธันวาคม พ.ศ. 2528 ที่จังหวัดฉะเชิงเทรา สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษาจากโรงเรียนวัดดอนทอง มัธยมศึกษาจากโรงเรียนเบญจมราชรังสฤษฎิ์ฉะเชิงเทรา และสำเร็จการศึกษา หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิทยาการและวิศวกรรมวัสดุ สาขาวิชาปิโตรเคมีและวัสดุพอลิเมอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร ในปีการศึกษา 2550

ปัจจุบันได้เข้ารับการ studia ต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมทรัพยากรธรณี ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และปิโตรเลียม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2551



