รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

ชวลิต นิตยะ. 2524. การผลิตและการใช้คอนกรีตบล็อกสำหรับสร้างผนัง. โครงการอบรมทางวิชาการภาคฤดูร้อน 2524. คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร. 2539. คอนกรีตเทคโนโลยี. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร: คอนกรีตผสมเสร็จซีแพค.

ณัฐพล เกตุเหล็ก, ธราพงษ์ พากเพียร และ วีระศักดิ์ มะขามป้อม. 2544. การศึกษาบล็อกปูพื้นคอนกรีตผสมเส้นใยมะพร้าว. ปริญญานิพนธ์ ภาควิชาก่อสร้างและงานไม้ (เทคโนโลยีโยธา) คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

นภฤกษ์ แสงเงิน และ ฤทธิชัย ติงธนาธิกูล. 2537. การกำจัดโลหะด้วยวิธีทำแข็งโดยใช้ขี้เถ้าลอยลิกไนต์และปูนซีเมนต์. ปริญญานิพนธ์ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นฤมิต คินิมาน. 2540. การทำตะกอนโลหะหนักจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียซีโอดีให้เป็นก้อนด้วยปูนซีเมนต์และเถ้าลอยลิกไนต์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ประณต กุลประสูตร. 2541. เทคนิคงานปูน-คอนกรีต. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง.

ประเสริฐ งานเลิศประเสริฐ. 2541. การใช้ของเสียซิลิกา-อลูมินาในการทำตะกอนปรอทซัลไฟด์ให้เป็นก้อน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เปรมฤดี กาญจนปิยะ. 2545. การศึกษาการผลิตปูนซีเมนต์อลูมินาสูงจากซิลิกา-อลูมินาที่ใช้แล้ว. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พชรพงศ์ ชื่นศิริ และ แสวงสิน เกตุโตประการ. 2540. การนำกากตะกอนของสีน้ำทาบ้านมาเป็นส่วนผสมในการทำคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น. ปริญญานิพนธ์ ภาควิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

พิภพ สุนทรสมัย. 2530. วัสดุวิศวกรรมการก่อสร้าง. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: โครงการสนับสนุนเทคนิคอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย - ญี่ปุ่น).

รักษพล ชูชาติ. 2538. การทำเสถียรตะกอนจาโรไซต์โดยการทำให้เป็นก้อน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

โรงงานอุตสาหกรรม, กรม. 2531. ประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม. ฉบับที่ 1. กำหนดวิธีการเก็บ ทำลายฤทธิ์ กำจัด ฝัง ทิ้ง เคลื่อนย้ายและการขนส่งสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว.

ไลทิพย์ อภิธรรมวิริยะ. 2542. การนำซิลิกา-อลูมินาที่ใช้แล้วมาใช้ประโยชน์ในการทำวัสดุปูพื้น. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วราภรณ์ กิจชัยนุกูล, ศศิธร พุทธวงษ์ และ ภาวิณี ชัยประเสริฐ. 2542. การนำกากของเสียจากอุตสาหกรรมหล่อหลอมโลหะเพื่อใช้เป็นวัสดุผสมปูนซีเมนต์ในการหล่อแข็ง. วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ. ปีที่ 22 ฉบับที่ 2 (พฤษภาคม - สิงหาคม 2542): 79-94.

วินิต ช่อวิเชียร. 2539. คอนกรีตเทคโนโลยี. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์สัมพันธ์พาณิชย์.

สุจิตรา กันยาวิลาศ. 2545. การทำตะกอนนิกเกิลไฮดรอกไซด์ให้เป็นก้อนด้วยการใช้ซิลิกา-อลูมินาที่ใช้แล้ว ปูนขาว และปูนซีเมนต์เป็นวัสดุประสาน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ห้างหุ้นส่วนจำกัดวงกลม. วงกลมบล็อค [แผ่นพับ]. 24 หมู่ 15 ถ.พหลโยธิน ต.ห้วยบง อ.เมือง จ.สระบุรี.

อนุวัฒน์ ปูนพันธ์ฉาย. 2539. การทำตะกอนโลหะหนักซัลไฟด์ให้เป็นก้อนโดยใช้ปูนซีเมนต์และเถ้าลอยลิกไนต์เป็นตัวประสาน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อุดม หงษ์ประธานพร. 2533. การพัฒนากำลังของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ผสมขี้เถ้าลอย และขี้เถ้าแกลบ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อุตสาหกรรม, กระทรวง. 2540. ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม. ฉบับที่ 6. การกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว.

อุตสาหกรรม, กระทรวง. 2544. ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม. ฉบับที่ 1462. กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น.

ภาษาอังกฤษ

American Society for Testing and Materials. 1996. Standard specification for concrete aggregates. C33-93. Annual book of ASTM standard vol. 04.02 section 4: 10-16.

American Society for Testing and Materials. 1996. Standard test method for compressive strength of hydraulic cement mortars (using 2-in or 50-mm cube specimens). C109/C109M-95. Annual book of ASTM standard vol. 04.01 section 4: 69-73.

American Society for Testing and Materials. 1996. Standard test method for chemical analysis of hydraulic cement. C114-94. Annual book of ASTM standard vol. 04.01 section 4: 92-119.

American Society for Testing and Materials. 1996. Standard test method for density, relative density (specific gravity), and absorption of coarse aggregate. C127-88. Annual book of ASTM standard vol. 04.02 section 4: 47-68.

American Society for Testing and Materials. 1996. Standard test method for density, relative density (specific gravity), and absorption of fine aggregate. C128-93. Annual book of ASTM standard vol. 04.02 section 4: 69-73.

American Society for Testing and Materials. 1996. Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates. C136-95a. Annual book of ASTM standard vol. 04.02 section 4: 78-82.

American Society for Testing and Materials. 1996. Standard specification for Portland cement. C150-95a. Annual book of ASTM standard vol. 04.01 section 4: 130-134.

American Society for Testing and Materials. 1996. Standard test methods of sampling and testing concrete masonry units. C140-96. Annual book of ASTM standard vol. 04.05 section 4: 91-98.

American Society for Testing and Materials. 1996. Test methods for sampling and testing fly ash or natural pozzalans for use as a mineral admixture in Portland cement concrete. C311-96a. Annual book of ASTM standard vol. 04.02 section 4: 293-295.

American Society for Testing and Materials. 1996. Standard specification for coal fly ash or calcined natural pozzolan for use as a mineral admixture in concrete. C618-96. Annual book of ASTM standard vol. 04.02 section 4: 184-190.

American Society for Testing and Materials. 1996. Standard specification for solid concrete interlocking paving units. C936-82. Annual book of ASTM standard vol. 04.05 section 4: 596-597.

Damanhuri, E., Munaf, D. R., and Djamal, A. 2000. Heavy metals fixation of ash waste from a steel industry into cement concrete and its utilization as building materials [online]. Available from: http://www.pbchw.com.ph/conferences/2000philippines.html [2003, April 8]

Isaia, G. C., Gastaldini, A. L. G., and Moraes, R. 2003 (January). Physical and pozzolanic action of mineral additions on the mechanical strength of high-performance concrete. Cement and concrete composites vol. 25 no. 1: 69-76.

Koe, L. C. C., Hills, C. D., Sollars, C., and Perry, R. J. 2000. Hydration reaction during the solidification/stabilization of toxic wastes [online]. Available from: http://www.pbchw.com.ph/conferences/2000philippines.html [2003, April 8]

LaGrega, M. D., Buckingham, P. L., and Evans, J. C. 1994. Stabilization and solidification. In P. H. King (ed.), Hazardous waste management, pp. 641-704. Singapore: McGraw-Hill book.

Lea, F. M. 1970. The chemistry of cement and concrete.3rd ed. New York: Chemical publishing.

Nilson, A. H. 1997. Design of concrete structures. 12th ed. Singapore: McGraw-Hill.

Peralta, G. L., Ballesteros, F. C., and Cepeda, M. L. 2000. Treatment and disposal of heavy metal waste using cementitious solidification [online]. Available from: http://www.pbchw.com.ph/conferences/2000philippines.html [2003, April 8]

Shannag, M. J., and Yeginobali, A. 1995 (April). Properties of pastes, mortars and concretes containing natural pozzolan. Cement and concrete research vol. 25 no. 3: 647-657.

Shin, H. S. and Sujiwattana, P. 1988. Factors affecting solidification of hazardous wastes materials. Hazardous waste: detection, control, treatment. (n. p.): 1549-1560.

Zhang, M. H., and Malhotra, V. M. 1995 (December). Characteristics of thermally activated alumino-silicate pozzolanic material and its use in concrete. Cement and concrete research vol. 25 no. 8: 1713-1725.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

กฤษณ์ จารุทะวัย. 2545. การใช้เถ้าลอยเส้นใยปาล์มและเถ้าลอยชานอ้อยแทนที่ซีเมนต์บางส่วน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาษาอังกฤษ

American concrete institute. 1992 (March - April). Hydration and carbonation of pozzolanic cement. Technical paper. ACI materials journal vol. 89 no. 2: 119-130.

American concrete institute. 1994 (July - August). Proposed report: use of natural pozzolans in concrete. ACI 232.1R. ACI materials journal vol. 91 no. 4: 410-426.

American Society for Testing and Materials. 1996. Standard test method for density of hydraulic cement. C188-95. Annual book of ASTM standard vol. 04.01 section 4: 158-159.

American Society for Testing and Materials. 1996. Standard test method for fineness of hydraulic cement by air permeability apparatus. C204-96. Annual book of ASTM standard vol. 04.01 section 4: 163-169.

American Society for Testing and Materials. 1996. Standard specification for flow table for use in tests of hydraulic cement. C230-90. Annual book of ASTM standard vol. 04.01 section 4: 180-184.

American Society for Testing and Materials. 1996. Standard specification for standard sand. C778-92a. Annual book of ASTM standard vol. 04.01 section 4: 337-339.

Chang, J. E., Lin, T. T., Ko, M. S., and Liaw, D. S. 1999. Stabilization/solidification of sludges containing heavy metal by using cement and waste pozzolans. Journal of environmental science and health, Part A vol. 34 no. 5: 1143-1160.

Fraay, A. L. A., Bijen, J. M., and de Haan, Y. M. 1989. The reaction of fly ash in concrete, a critical examination. Cement and concrete research vol. 19 no. 2: 235-246.

Glasser, F. P. 1997 (April). Fundamental aspects of cement solidification and stabilization. Journal of hazardous materials vol. 52 no. 2-3: 151-170.

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก.
วิธีทดลองโดยละเอียด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก.1 การหาค่าการดูดซึมน้ำของหินเกล็ด

อ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM C127-88

ขั้นตอนการทดลอง

1. ใช้วัสดุประมาณ 5 กิโลกรัม ล้างให้สะอาดด้วยน้ำเพื่อกำจัดเศษฝุ่นที่ติดตามผิววัสดุ จากนั้นอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 110 $\pm$ 5 องศาเซลเซียส แล้วทำให้เย็นที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลาประมาณ 1- 3 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำวัสดุทั้งหมดแช่ในน้ำเป็นเวลา 24 $\pm$ 4 ชั่วโมง
2. เมื่อนำวัสดุออกจากน้ำแล้ว เกลี่ยตัวอย่างวัสดุลงบนผ้าที่ซับน้ำได้ดี สังเกตกระทั่งแผ่นฟิล์มของน้ำที่เคลือบผิวหินเกล็ดหายไป ซึ่งถือเป็นวัสดุที่สถานะอิ่มตัวผิวแห้ง
3. ชั่งน้ำหนักของวัสดุที่สภาวะอิ่มตัวผิวแห้งและอบแห้งที่อุณหภูมิ 110 $\pm$ 5 องศาเซลเซียส
4. คำนวณหาเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของวัสดุ

การคำนวณ

$$\text{เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ (\% Absorption)} = [(S-A) / A] \times 100$$

โดยที่ A = น้ำหนักของวัสดุอบแห้ง (Oven dry weight)

S = น้ำหนักของวัสดุที่สภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง (Saturated surface dry weight)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก.2 การหาค่าการดูดซึมน้ำของทรายและซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว

อ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM C128-88

ขั้นตอนการทดลอง

1. ใส่วัสดุน้ำหนักประมาณ 1 กิโลกรัม ในถาดขนาดพอเหมาะ เทน้ำให้ท่วมวัสดุเล็กน้อย ทิ้งไว้ให้วัสดุดูดซึมน้ำเป็นเวลา 24 $\pm$ 4 ชั่วโมง
2. เกลี่ยตัวอย่างวัสดุให้ทั่วถาด ทิ้งไว้กลางแจ้งที่มีลมพัดและกวนตัวอย่างเป็นระยะๆ เพื่อให้แห้งทั่วกันจนกระทั่งตัวอย่างวัสดุเริ่มไหลได้อย่างอิสระ (Free flow)
3. เทตัวอย่างใส่แบบหล่อกรวยมาตรฐานขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางบน 40 $\pm$ 3 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางล่าง 90 $\pm$ 3 มิลลิเมตร และสูง 75 $\pm$ 3 มิลลิเมตร แล้วกระทุ้งเบาๆ ที่ผิวหน้า
4. ดึงแบบหล่อออกในแนวดิ่ง ถ้าวัสดุยังคงรูปกรวยอยู่แสดงว่ายังมีความชื้นอยู่ที่ผิว นำไปไว้ในที่กลางแจ้งอีกครั้งและกวนเป็นระยะๆ
5. ทำซ้ำขั้นตอนที่ 3 และ 4 จนกว่าเมื่อยกแบบหล่อกรวยออกตัวอย่างวัสดุยุบตัวหรือล้ม (ถือว่าวัสดุในขณะนี้อยู่ในสภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง)
6. ชั่งน้ำหนักของวัสดุที่สภาวะอิ่มตัวผิวแห้งและอบแห้ง
7. คำนวณหาเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของวัสดุ

การคำนวณ

$$\text{เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ (\% Absorption)} = [(S-A) / A] \times 100$$

โดยที่ A = น้ำหนักของวัสดุอบแห้ง (Oven dry weight)

S = น้ำหนักของวัสดุที่สภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง (Saturated surface dry weight)

<u>ภาคผนวก ก.3</u> **การทดสอบค่ากำลังรับแรงอัด**

อ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM C109-86

ขั้นตอนการทดลอง

การเตรียมแบบหล่อตัวอย่าง

1. ทาน้ำมันบางๆ ที่ผิวด้านในของแบบหล่อกับฐาน
2. ทาน้ำมันชนิดข้นหรือจารบีระหว่างตัวแบบหล่อกับฐาน
3. เช็ดน้ำมันส่วนเกินออกจากแบบหล่อ
4. ใช้จารบีทารอยต่อระหว่างแบบหล่อกับฐานที่ด้านนอก

การหล่อก้อนตัวอย่าง

1. หล่อก้อนตัวอย่างโดยใช้ขนาดแบบหล่อ 5 x 5 x 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร โดยชั่งวัสดุที่ใช้ตามอัตราส่วนที่ต้องการทดสอบ โดยให้ได้ปริมาณ 3 ตัวอย่างในแต่ละการผสม
2. การผสมใช้วิธีการผสมด้วยเครื่องผสม โดยผสมส่วนผสมทั้งหมดเข้าด้วยกัน เมื่อเข้ากันดีแล้ว เติมน้ำลงผสมและทิ้งให้ซึมตัวด้วยน้ำ 30 วินาที เริ่มผสมให้เข้ากันในเวลา 1 นาที 30 วินาที
3. เอาส่วนผสมลงในแบบหล่อ ภายในเวลาไม่เกิน 2 นาที 30 วินาที หลังการผสมเสร็จ การหล่อจะแบ่งออกเป็น 2 ชั้นโดยชั้นแรกหนาประมาณ 1 นิ้ว แล้วใช้ Tamper กระทุ้งชั้นละ 16 ครั้งโดย 8 ครั้งแรกจะมีทิศทางตั้งฉากกับ 8 ครั้งหลังให้แรงกระทุ้งพอประมาณ และเท่ากันตลอด ใช้เวลาประมาณ 5 วินาที เติมส่วนผสมชั้นที่ 2 ให้เลยขอบแบบหล่อเล็กน้อย และใช้มือป้องขณะกระทุ้ง ใช้ Tamper กระทุ้ง 16 ครั้งเช่นเดียวกับครั้งแรก เมื่อเสร็จแล้วให้ใช้เกรียงปาดส่วนเกินออกในลักษณะคล้ายเลื่อย
4. หลังจากหล่อเสร็จให้นำตัวอย่างพร้อมแบบหล่อเก็บไว้ในที่ชื้นทันที และถอดแบบในเวลา 24 ชั่วโมง บ่มตัวอย่างต่อจนครบระยะเวลาที่กำหนด นำตัวอย่างไปทดสอบกำลังรับแรงอัดโดยใช้เครื่องทดสอบกำลังรับแรงอัด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การหาค่ากำลังรับแรงอัด

ให้กระทำในช่วงเวลาคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้

เวลาที่ทดสอบ	ช่วงเวลาคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้
1 วัน	± ½ ชั่วโมง
3 วัน	± 1 ชั่วโมง
7 วัน	± 3 ชั่วโมง
28 วัน	± 12 ชั่วโมง

นำก้อนตัวอย่างที่จะทดสอบ วัดพื้นที่หน้าตัดที่จะให้แรงกด โดยใช้ด้านที่สัมผัสกับแบบหล่อ เช็ดผิวหน้าทั้ง 2 ด้าน ให้สะอาดปราศจากเม็ดทราย ผิวหน้าของเครื่องมือทั้ง 2 ด้านที่สัมผัสกับก้อนตัวอย่างจะต้องเรียบ ในการให้แรงกดกับแท่งตัวอย่าง จะต้องอยู่ในแนวศูนย์กลางของเครื่อง โดยเวลาที่ใช้ในการทดสอบควรอยู่ที่ 20 - 80 วินาที

การคำนวณ

บันทึกค่าแรงกดสูงสุดจากเครื่องกดและคำนวณในหน่วยของ กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร โดยให้คำนวณความละเอียดถึง 0.1 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร หรือ กิโลปาสคาล โดยคำนวณความละเอียดถึง 10 กิโลปาสคาล

ก้อนตัวอย่างที่ไม่สมบูรณ์ในการทดสอบแต่ละครั้ง หากมีผลการทดสอบของก้อนตัวอย่างใดที่มีค่าเบี่ยงเบนเกินกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย ควรตัดผลการทดสอบนั้นออกและนำก้อนใหม่มาวัดแทน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก.4 การหาค่าการสูญเสียเนื่องจากการเผาไหม้ (Loss on ignition)

อ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM C114-94 และ C311-96

ขั้นตอนการทดลอง

1. ชั่งน้ำหนักวัสดุประมาณ 1 กรัมใส่ในถ้วยกระเบื้องที่ชั่งน้ำหนักแล้ว (A) จดค่าน้ำหนักของวัสดุและถ้วยกระเบื้อง (B)
2. อบวัสดุที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส จนกระทั้งน้ำหนักคงที่ ถือว่าเป็นน้ำหนักของวัสดุแห้งที่ไม่มีความชื้น จดค่าน้ำหนักของวัสดุและถ้วยกระเบื้องที่สภาวะไม่มีความชื้น (C)
3. เผาวัสดุที่อุณหภูมิ 750 $\pm$ 50 องศาเซลเซียส จนกระทั้งน้ำหนักคงที่ จดค่าน้ำหนักของวัสดุและถ้วยกระเบื้อง (D)

การคำนวณ

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น (Percent moisture content)} = (C-B) / (B-A) \times 100$$

$$\text{การสูญเสียเนื่องจากการเผาไหม้ (Loss on ignition)} = (D-C) / (C-A) \times 100$$

โดยที่ A = น้ำหนักถ้วยกระเบื้องอบแห้ง

B = น้ำหนักวัสดุและถ้วยกระเบื้อง

C = น้ำหนักวัสดุและถ้วยกระเบื้องอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสจนน้ำหนักคงที่

D = น้ำหนักของวัสดุและถ้วยกระเบื้องเผาที่อุณหภูมิ 750 $\pm$ 50 องศาเซลเซียสจนน้ำหนักคงที่

ภาคผนวก ก.5 การหาค่าดัชนีกำลังรับแรงอัดของวัสดุปอซโซลานเทียบกับซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1

อ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM C311-96

ขั้นตอนการทดลอง

1. หล่อก้อนตัวอย่างขนาด 5 x 5 x 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร ของสัดส่วนควบคุม (Control mixture) และสัดส่วนทดสอบ (Test mixture) ตามมาตรฐาน ASTM 109-86 โดยที่ซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ที่ใช้จะต้องตรงตามมาตรฐาน ASTM C150 สัดส่วนทดสอบคือ สัดส่วนที่มีการแทนที่ซีเมนต์ด้วยวัสดุปอซโซลาน 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
2. ปริมาณน้ำที่ใช้สำหรับสัดส่วนทดสอบ จะเท่ากับปริมาณน้ำที่ต้องการเพื่อให้ได้ค่าการไหลของมอร์ตา $\pm$ 5 ของค่าการไหลของสัดส่วนควบคุมซึ่งใช้ค่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์เท่ากับ 0.48
3. บ่มก้อนตัวอย่างทั้งหมดแล้วเก็บไว้ในตู้ควบคุมความชื้นที่อุณหภูมิ 23 $\pm$ 1.7 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 - 24 ชั่วโมง
4. ถอดแบบหล่อ บ่มเป็นระยะเวลา 7 หรือ 28 วัน ในสารละลายอิ่มตัวด้วยปูนขาว แล้วทดสอบค่ากำลังรับแรงอัดของก้อนตัวอย่างสัดส่วนควบคุมและสัดส่วนทดสอบ

การคำนวณ

ดัชนีกำลังรับแรงอัดของวัสดุปอซโซลาน
(Strength activity index with Portland cement) $= (A / B) \times 100$

โดยที่ A = ค่ากำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของตัวอย่างสัดส่วนทดสอบ
B = ค่ากำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของตัวอย่างสัดส่วนควบคุม

ภาคผนวก ก.6 การทดสอบการชะละลายของสาร

อ้างอิงตามมาตรฐาน ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2540)

ขั้นตอนการทดลอง

1. บดตัวอย่างให้เป็นผงแล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรูกรอง 9.5 มิลลิเมตร
2. นำตัวอย่างที่ได้จากข้อ 1 หนัก 100 กรัม เติมด้วยน้ำสกัด ซึ่งประกอบด้วยน้ำกลั่นผสมสารละลายของกรดกำมะถันและกรดไนตริก (ในสัดส่วน 80 ต่อ 20 โดยน้ำหนัก) หาค่าความเป็นกรดด่าง พีเอชของส่วนผสมมีค่าคงที่เท่ากับ 5 แล้วจึงปรับปริมาตรของของผสมให้อัตราส่วนปริมาตรของน้ำสกัดเป็น 20 เท่า (มิลลิลิตร) ของน้ำหนัก (กรัม) ของตัวอย่าง
3. เขย่าบนเครื่องกวนเขย่าแบบหมุน(Rotary agitator) ที่มีอัตราหมุน 30 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง
4. กรองสารละลายจากการสกัดด้วยแผ่นกรองใยแก้วที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรูกรอง 0.6 ถึง 0.8 ไมครอน
5. นำของเหลวที่ได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณสาร

ความสามารถในการถูกชะละลาย

$$L = W_i / W_o$$

โดยที่ L = ความสามารถในการถูกชะละลาย

W_i = ปริมาณของสารในน้ำชะละลาย

W_o = ปริมาณของสารในวัสดุที่มีในก้อนตัวอย่างทั้งหมด

ประสิทธิภาพในการลดการถูกชะลายของสาร

$$E = [(L_o - L_s) / L_o] \times 100$$

โดยที่ E = ประสิทธิภาพในการลดการชะละลายของสาร (เปอร์เซ็นต์)

L_o = ความสามารถในการถูกชะละลายของสารก่อนการทำลายฤทธิ์ (มิลลิกรัมต่อกรัม)

L_s = ความสามารถในการถูกชะละลายของสารภายหลังการทำให้เป็นก้อน (มิลลิกรัมต่อกรัม)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>ภาคผนวก ก.7</u> การคำนวณค่าใช้จ่ายคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น

ข้อมูลพื้นฐาน

- ซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ตราช้างมีราคา 2,312.00 บาทต่อตัน (ข้อมูลจากกรมการค้าภายใน)
- หินเกล็ดเบอร์ 4 มีราคา 277.50 บาทต่อลูกบาศก์เมตร (ข้อมูลจากกรมการค้าภายใน)
- ทรายละเอียดมีราคา 240.50 บาทต่อลูกบาศก์เมตร (ข้อมูลจากกรมการค้าภายใน)
- น้ำประปาราคาเหมาจ่ายเฉลี่ย 13 บาทต่อลูกบาศก์เมตร (ข้อมูลจากการประปานครหลวง)
- ค่าไฟฟ้าคิดราคาเฉลี่ย 3 บาทต่อหน่วย* (อ้างอิงข้อมูลจากการไฟฟ้านครหลวง)
- กำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์ Ball mill 0.75 กิโลวัตต์
  เครื่องร่อนคัดขนาด 0.3 กิโลวัตต์
  เตาเผา 3.1 กิโลวัตต์
- ประสิทธิภาพการบดวัสดุให้มีขนาดอนุภาคเล็กกว่า 150 ไมครอนเท่ากับ 70 เปอร์เซ็นต์ (อ้างอิงจากผลการทดลอง)
- คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นมีน้ำหนักประมาณ 4.40 กิโลกรัมต่อก้อน

การคิดราคาค่าใช้จ่ายต่อหน่วยกิโลกรัม

ซีเมนต์ปอร์ตแลนด์	(2,312 บาทต่อตัน) x (1/1000 ตันต่อกิโลกรัม)
หินเกล็ด	(277.50 บาทต่อลูกบาศก์เมตร) x (1/2.7 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน) x (1/1000 ตันต่อกิโลกรัม)
ทรายละเอียด	(240.50 บาทต่อลูกบาศก์เมตร) x (1/2.65 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน) x (1/1000 ตันต่อกิโลกรัม)
น้ำ	(13 บาทต่อลูกบาศก์เมตร) x (1 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน) x (1/1000 ตันต่อกิโลกรัม)
การบด**	(0.75 กิโลวัตต์) x (24 ชั่วโมง) x (3 บาทต่อกิโลวัตต์ - ชั่วโมง) x (1/16 ครั้งต่อกิโลกรัม)
การคัดขนาด**	(0.3 กิโลวัตต์) x (1 ชั่วโมง) x (3 บาทต่อกิโลวัตต์ - ชั่วโมง) x (1/(5 x 0.7) ครั้งต่อกิโลกรัม)
การเผา**	(3.1 กิโลวัตต์) x (5 ชั่วโมง) x (3 บาทต่อกิโลวัตต์ - ชั่วโมง) x (1/1 ครั้งต่อกิโลกรัม)

---

* หน่วยค่าไฟฟ้า (Unit) = กิโลวัตต์ - ชั่วโมง (kW - hr.)

** คิดราคาในระดับห้องปฏิบัติการ

ราคาต่อหน่วยกิโลกรัม

วัตถุดิบ	หน่วยราคา (บาทต่อกิโลกรัม)	กระบวนการเตรียมวัสดุ	หน่วยราคา (บาทต่อกิโลกรัม)
ซีเมนต์ปอร์ตแลนด์	2.312	การบด	3.38
หินเกล็ด	0.103	การคัดขนาด	0.26
ทรายละเอียด	0.091	การเผา	46.5
น้ำ	0.013		

คำนวณส่วนผสมคอนกรีตบล็อก

- คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น 1 ก้อนประกอบด้วย

ซีเมนต์ + ซิลิกา-อะลูมินา	X	กิโลกรัม (0.9 : 0.1 หรือ 0.85 : 0.15)
หินเกล็ด	1.2X	กิโลกรัม
ทราย	1.8X	กิโลกรัม
น้ำ		

	สำหรับไฮเดรชั่น	สำหรับการดูดซึมของวัสดุต่างๆ			รวม (กิโลกรัม)
		SA	*หินเกล็ด*	*ทราย*	
$SA_{ORG, UNT}$	0.45X	0.0253X	0.0191X	0.0282X	0.5226X
$SA_{ORG, TRT}$	0.45X	0.0548X	0.0191X	0.0282X	0.5521X
$SA_{100, UNT}$	0.425X	0.0465X	0.0191X	0.0282X	0.5188X
$SA_{100, TRT}$	0.425X	0.0937X	0.0191X	0.0282X	0.5660X

- สัดส่วนผสมที่ใช้ในการผลิตคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น 1 ก้อน

คอนกรีตบล็อกแทนที่ซีเมนต์ด้วย SA	X	C	SA	G	S	W
	(กิโลกรัม)					
$SA_{ORG, UNT}$	0.973	0.876	0.0973	1.751	1.168	0.508
$SA_{ORG, TRT}$	0.967	0.870	0.0967	1.741	1.160	0.534
$SA_{100, UNT}$	0.974	0.828	0.1461	1.753	1.169	0.505
$SA_{100, TRT}$	0.964	0.819	0.1446	1.735	1.157	0.546

ตัวอย่างการคำนวณค่า X

คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นแทนที่ซีเมนต์ด้วยซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วสถานะดั้งเดิม

4.5226X = 4.4 กิโลกรัม

X = 0.973 กิโลกรัม

คำนวณราคาต้นทุนการผลิตคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นต่อก้อน

	ต้นทุนวัตถุดิบ (บาทต่อก้อน)				ค่าใช้จ่ายการเตรียม SA (บาทต่อก้อน)			รวม (บาทต่อก้อน)
	C	G	S	W	การบด	การคัดขนาด	การเผา	
$SA_{ORG, UNT}$	2.025	0.180	0.106	0.007	-	-	-	2.32
$SA_{ORG, TRT}$	2.011	0.179	0.106	0.007	-	-	4.497	6.80
$SA_{100, UNT}$	1.914	0.181	0.106	0.007	0.494	0.038	-	2.74
$SA_{100, TRT}$	1.893	0.179	0.105	0.007	0.489	0.038	6.724	9.44

คำนวณค่าใช้จ่ายในการบำบัดซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วและมูลค่าผลิตภัณฑ์ต่อตันของเสีย

	จำนวนก้อนที่ผลิตได้ (ก้อนต่อตัน)	ค่าใช้จ่ายในการบำบัด (บาทต่อตัน)	มูลค่าผลิตภัณฑ์ (บาทต่อตัน)
$SA_{ORG, UNT}$	10,278	23,844.96	82,224
$SA_{ORG, TRT}$	10,342	70,325.60	82,736
$SA_{100, UNT}$	6,845	18,755.30	54,760
$SA_{100, TRT}$	6,916	65,287.04	55,328

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข.

ตารางผลการทดลอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข.1
ค่ากำลังรับแรงอัด

ตารางที่ ข.1.1 ค่ากำลังรับแรงอัดของตัวอย่างคอนกรีตในการทดสอบหาค่าดัชนีกำลังรับแรงอัดของวัสดุปอซโซลานเทียบกับซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 อายุ 28 และ 60 วัน

วัสดุประสาน	ระยะเวลาการบ่ม (วัน)	ค่ากำลังรับแรงอัด (เมกะปาสคาล)				10 เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ย
		ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	ค่าเฉลี่ย	
สัดส่วนควบคุม	28	20.69	18.31	21.96	20.32	2.0320
	60	20.54	20.07	23.26	21.29	2.1290
$SA_{(ORG, UNT)}$	28	6.44	7.12	6.73	6.76	0.6763
	60	7.09	5.95	6.28	6.44	0.6443
$SA_{(ORG, TRT)}$	28	9.43	9.71	9.71	9.62	0.9616
	60	5.86*	7.36	7.43	7.40	0.7399
$SA_{(100, UNT)}$	28	9.18	9.34	9.22	9.24	0.9245
	60	7.62	8.31	7.80	7.91	0.7910
$SA_{(100, TRT)}$	28	7.92	8.96	7.77	8.22	0.8218
	60	7.51	7.84	6.41*	7.68	0.7675
เถ้าลอยลิกไนต์**	28	19.16*	16.09	15.24	15.66	1.5663
	60	24.44	24.70	22.41	23.85	2.3851

หมายเหตุ * กำลังรับแรงอัดของก้อนตัวอย่างมีค่าเกินช่วงเบี่ยงเบน 10 เปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย (3 ตัวอย่าง) จึงไม่นำมาคิด

** จากโรงไฟฟ้าถ่านหิน อ.แม่เมาะ จ.ลำปาง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.1.2 ค่ากำลังรับแรงอัดของตัวอย่างคอนกรีตอายุ 7 และ 28 วัน ที่การแปรค่าสัดส่วนซีเมนต์ต่อทราย ต่อหินเกล็ด ต่างๆ

C : S : G	ระยะเวลาการบ่ม (วัน)	ค่ากำลังรับแรงอัด (เมกะปาสคาล)				10 เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ย
		ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	ค่าเฉลี่ย	
1 : 0 : 0	7	27.65	29.33	25.30	27.43	2.7429
	28	42.13	46.96	49.43	46.17	4.6172
1 : 0.8 : 1.2	7	33.28	36.66	31.14	33.69	3.3694
	28	51.78	46.32	50.09	49.40	4.9396
1 : 1.2 : 1.8	7	38.09	41.36	33.99	37.82	3.7817
	28	53.69	54.95	52.17	53.60	5.3604
1 : 2 : 3	7	13.32	14.06	14.15	13.84	1.3841
	28	23.12	19.43	18.50	20.35	2.0347
1 : 3 : 5	7	2.54	2.31	2.09	2.31	0.2314
	28	3.23	2.77*	3.39	3.31	0.3314
1 : 4 : 6	7	1.10	1.10	1.00	1.07	0.1065
	28	1.13	1.28	1.10	1.17	0.1171
1 : 4 : 7	7	1.13	0.94*	1.11	1.12	0.1121
	28	0.93	0.94	0.74*	0.93	0.0934

หมายเหตุ * กำลังรับแรงอัดของก้อนตัวอย่างมีค่าเกินช่วงเบี่ยงเบน 10 เปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย (3 ตัวอย่าง) จึงไม่นำมาคิด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.1.3 ค่ากำลังรับแรงอัดของตัวอย่างคอนกรีตที่สัดส่วนซีเมนต์ : ทราย : หินเกล็ด เป็น 1 : 1.2 : 1.8

SA / B	ระยะเวลาการบ่ม (วัน)	ค่ากำลังรับแรงอัด (เมกะปาสคาล)				10 เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ย
		ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	ค่าเฉลี่ย	
0.00	7	38.09	41.36	33.99*	39.73	3.9728
	14	37.94	46.51	41.98	42.14	4.2143
	21	48.18	46.93	44.44	46.52	4.6516
	28	53.69	54.95	52.17	53.60	5.3604

หมายเหตุ * กำลังรับแรงอัดของก้อนตัวอย่างมีค่าเกินช่วงเบี่ยงเบน 10 เปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย (3 ตัวอย่าง) จึงไม่นำมาคิด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.1.4 ค่ากำลังรับแรงอัดของตัวอย่างคอนกรีตใช้ซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วสถานะดั้งเดิม

SA / B	ระยะเวลาการบ่ม (วัน)	ค่ากำลังรับแรงอัด (เมกะปาสคาล)				10 เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ย
		ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	ค่าเฉลี่ย	
0.05	7	19.23	19.23	19.05	19.17	1.9169
	14	22.02	25.03	24.44	23.83	2.3833
	21	26.70	24.85	26.45	26.00	2.6001
	28	24.92	26.40	26.41	25.91	2.5910
0.10	7	19.22	21.02	22.89	21.05	2.1047
	14	25.28	26.48	24.99	25.58	2.5583
	21	25.69	24.21	28.21	26.03	2.6034
	28	29.11	29.02	31.14	29.76	2.9756
0.15	7	19.41	20.93	21.95	20.76	2.0764
	14	22.46	19.98	23.12	21.86	2.1855
	21	27.27	25.94	24.54	25.92	2.5916
	28	27.14	26.95	29.68	27.92	2.7924
0.25	7	19.77	19.22	18.14	19.04	1.9043
	14	23.11	26.48	24.04	24.55	2.4545
	21	26.41	28.02	25.24	26.56	2.6558
	28	29.12	29.13	29.49	29.25	2.9248
0.35	7	21.10	19.22	20.32	20.21	2.0213
	14	25.28	25.02	25.83	25.38	2.5375
	21	25.94	24.15	25.02	25.03	2.5034
	28	26.63	26.67	27.55	26.95	2.6948

ตารางที่ ข.1.5 ค่ากำลังรับแรงอัดของตัวอย่างคอนกรีตใช้ซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วขนาดดั้งเดิมและเผาที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส

SA / B	ระยะเวลาการบ่ม (วัน)	ค่ากำลังรับแรงอัด (เมกะปาสคาล)				10 เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ย
		ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	ค่าเฉลี่ย	
0.05	7	39.25	33.78	35.52	36.19	3.6186
	14	41.97	37.37	38.57	39.30	3.9304
	21	45.79	42.77	44.03	44.20	4.4195
	28	48.09	47.96	45.71	47.25	4.7254
0.10	7	31.48	31.14	28.52	30.38	3.0380
	14	35.30	38.10	32.61	35.34	3.5335
	21	35.45	36.69	39.19	37.11	3.7107
	28	40.93	46.00	42.54	43.16	4.3157
0.15	7	31.89	31.69	29.67	31.08	3.1084
	14	32.24	32.34	31.32	31.97	3.1966
	21	38.10	36.66	34.29	36.35	3.6348
	28	39.53	37.58	41.61	39.57	3.9575
0.25	7	16.16	14.65	14.33	15.05	1.5048
	14	18.07	15.71	15.48	16.42	1.6423
	21	20.50	18.83	19.59	19.64	1.9639
	28	19.58	19.60	21.49	20.22	2.0222
0.35	7	**	**	**		
	14	**	**	**		
	21	**	**	**		
	28	**	**	**		

หมายเหตุ ** สัดส่วนผสมคอนกรีตไม่สามารถขึ้นรูปเป็นก้อนได้ เนื่องจากความสามารถทำงานได้ของคอนกรีตสดน้อยเกินไป

ตารางที่ ข.1.6 ค่ากำลังรับแรงอัดของตัวอย่างคอนกรีตใช้ซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วขนาดอนุภาคเล็กกว่า 150 ไมครอน

SA / B	ระยะเวลาการบ่ม (วัน)	ค่ากำลังรับแรงอัด (เมกะปาสคาล)				10 เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ย
		ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	ค่าเฉลี่ย	
0.05	7	23.09	21.54	20.88	21.84	2.1836
	14	24.47	27.22	25.37	25.69	2.5686
	21	30.77	30.52	29.02	30.10	3.0104
	28	30.04	31.14	28.52	29.90	2.9900
0.10	7	20.70	22.22	23.76	22.23	2.2228
	14	23.21	28.40*	25.02	24.12	2.4116
	21	29.11	28.26	28.39	28.59	2.8587
	28	29.13	32.20	28.50	29.94	2.9943
0.15	7	22.89	24.73	26.82	24.81	2.4812
	14	29.22	29.42	29.13	29.26	2.9257
	21	30.29	30.00	31.44	30.58	3.0579
	28	29.85	29.53	34.63	32.08	3.2081
0.25	7	24.33	22.71	23.72	23.59	2.3585
	14	23.30	27.75	26.34	25.80	2.5798
	21	30.72	29.54	28.13	29.47	2.9467
	28	31.00	27.74	25.88	28.21	2.8207
0.35	7	24.73	26.26	24.73	25.24	2.5238
	14	27.40	26.37	27.40	27.06	2.7059
	21	27.30	28.57	22.78*	27.93	2.7935
	28	27.47	26.92	30.40	28.27	2.8266

หมายเหตุ * กำลังรับแรงอัดของก้อนตัวอย่างมีค่าเกินช่วงเบี่ยงเบน 10 เปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย (3 ตัวอย่าง) จึงไม่นำมาคิด

ตารางที่ ข.1.7 ค่ากำลังรับแรงอัดของตัวอย่างคอนกรีตใช้ซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วขนาดอนุภาคเล็กกว่า 150 ไมครอนและเผาที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส

SA / B	ระยะเวลาการบ่ม (วัน)	ค่ากำลังรับแรงอัด (เมกะปาสคาล)				10 เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ย
		ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	ค่าเฉลี่ย	
0.05	7	40.14	42.27	37.55	39.98	3.9985
	14	44.35	46.52	49.38	46.75	4.6751
	21	46.37	52.86	53.74	50.99	5.0989
	28	53.48	51.15	47.25	50.63	5.0630
0.10	7	34.71	36.11	29.57	33.46	3.3463
	14	41.22	36.86	41.49	39.86	3.9858
	21	43.59	41.20	41.14	41.98	4.1977
	28	49.36	57.49*	48.51	48.93	4.8935
0.15	7	28.12	30.00	28.76	28.96	2.8963
	14	36.44	36.95	37.59	36.99	3.6991
	21	35.90	35.63	38.21	36.58	3.6579
	28	61.68	58.05	52.32	57.35	5.7348
0.25	7	3.33	3.27	2.97	3.19	0.3190
	14	3.08	3.02	3.88*	3.05	0.3051
	21	2.18	2.18	2.69*	2.18	0.2177
	28	3.99	3.99	4.07	4.02	0.4017
0.35	7	**	**	**		
	14	**	**	**		
	21	**	**	**		
	28	**	**	**		

หมายเหตุ * กำลังรับแรงอัดของก้อนตัวอย่างมีค่าเกินช่วงเบี่ยงเบน 10 เปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย (3 ตัวอย่าง) จึงไม่นำมาคิด

** สัดส่วนผสมคอนกรีตไม่สามารถขึ้นรูปเป็นก้อนได้ เนื่องจากความสามารถทำงานได้ของคอนกรีตสดน้อยเกินไป

ตารางที่ ข.1.8 ค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นผลิตจากซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วสถานะต่างๆ กันภายใต้สภาวะที่เหมาะสม

SA	SA / B	ค่ากำลังรับแรงอัด (เมกะปาสคาล)			10 เปอร์เซ็นต์ค่าเฉลี่ย
		ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ค่าเฉลี่ย	
คอนกรีตบล็อก*	-	83.49	83.49	83.49	8.3490
$SA_{(ORG, UNT)}$	0.10	40.95	38.41	39.68	3.9680
$SA_{(ORG, TRT)}$	0.10	63.49	61.27	62.38	6.2380
$SA_{(100, UNT)}$	0.15	58.36	52.70	55.53	5.5530
$SA_{(100, TRT)}$	0.15	73.01	71.11	72.06	7.2060

หมายเหตุ * คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นที่มีจำหน่ายทั่วไปตามท้องตลาด (ไม่ทราบระยะเวลาบ่ม)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข.2
ความหนาแน่น

ตารางที่ ข.2.1 ความหนาแน่นของตัวอย่างคอนกรีตในการทดสอบหาค่าดัชนีกำลังรับแรงอัดของวัสดุปอซโซลานเทียบกับซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 อายุ 28 และ 60 วัน

วัสดุประสาน	ระยะเวลาการบ่ม (วัน)	ความหนาแน่น (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)				ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
		ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	ค่าเฉลี่ย	
สัดส่วนควบคุม	1	1.93	1.92	1.92	1.94	0.0197
		1.95	1.97	1.93		
	28	1.99	1.92	1.92	1.94	0.0404
	60	2.04	2.05	2.00	2.03	0.0265
$SA_{(ORG, UNT)}$	1	1.93	1.92	1.94	1.87	0.0700
		1.79	1.81	1.81		
	28	1.75	1.72	1.75	1.74	0.0173
	60	1.86	1.88	1.88	1.87	0.0115
$SA_{(ORG, TRT)}$	1	1.69	1.78	1.76	1.81	0.0833
		1.90	1.89	1.86		
	28	1.99	2.09	2.07	2.05	0.0529
	60	1.93	1.91	1.87	1.90	0.0306
$SA_{(100, UNT)}$	1	1.74	1.75	1.71	1.73	0.0185
		1.72	1.73	1.75		
	28	1.81	1.83	1.77	1.80	0.0284
	60	1.80	1.81	1.85	1.82	0.0236
$SA_{(100, TRT)}$	1	1.86	1.83	1.82	1.85	0.0237
		1.85	1.86	1.89		
	28	1.92	1.90	1.89	1.90	0.0176
	60	1.92	1.93	1.95	1.93	0.0169
เถ้าลอยลิกไนต์แม่เมาะ	1	1.96	1.93	1.90	1.93	0.0234
		1.90	1.94	1.93		
	28	1.96	1.93	1.90	1.93	0.0300
	60	2.01	2.03	2.02	2.02	0.0100

ตารางที่ ข.2.2 ความหนาแน่นของตัวอย่างคอนกรีตอายุ 7 และ 28 วัน ที่การแปรค่าสัดส่วนซีเมนต์ต่อทรายต่อหินเกล็ด ต่างๆ

C : S : G	ระยะเวลาการบ่ม (วัน)	ความหนาแน่น (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)				ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
		ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	ค่าเฉลี่ย	
1 : 0 : 0	1	1.86	1.73	1.74	1.80	0.0516
		1.82	1.80	1.83		
	7	1.90	1.77	1.78	1.82	0.0723
	28	1.89	1.87	1.90	1.89	0.0153
1 : 0.8 : 1.2	1	2.09	2.05	2.08	2.08	0.0194
		2.08	2.08	2.11		
	7	2.18	2.14	2.17	2.16	0.0208
	28	2.17	2.17	2.20	2.18	0.0173
1 : 1.2 : 1.8	1	2.15	2.13	2.09	2.13	0.0313
		2.13	2.18	2.11		
	7	2.23	2.20	2.16	2.20	0.0351
	28	2.20	2.25	2.18	2.21	0.0361
1 : 2 : 3	1	2.06	2.05	1.98	2.03	0.0382
		2.06	2.04	1.98		
	7	2.11	2.08	2.02	2.07	0.0458
	28	2.12	2.13	2.06	2.10	0.0379
1 : 3 : 5	1	1.79	1.83	1.75	1.82	0.0450
		1.85	1.87	1.85		
	7	1.89	1.94	1.86	1.90	0.0404
	28	1.97	2.03	1.99	2.00	0.0306
1 : 4 : 6	1	1.74	1.76	1.76	1.77	0.0367
		1.84	1.79	1.75		
	7	1.89	1.93	1.91	1.91	0.0200
	28	2.01	1.96	1.92	1.96	0.0451
1 : 4 : 7	1	1.83	1.85	1.77	1.81	0.0308
		1.78	1.81	1.79		
	7	1.95	1.98	1.90	1.94	0.0404
	28	1.94	1.98	1.95	1.96	0.0208

ตารางที่ ข.2.3 ความหนาแน่นของตัวอย่างคอนกรีตที่สัดส่วนซีเมนต์ : ทราย : หินเกล็ด เป็น 1 : 1.2 : 1.8

SA / B	ระยะเวลาการบ่ม (วัน)	ความหนาแน่น (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)				ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
		ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	ค่าเฉลี่ย	
0.00	1	2.15	2.13	2.09	2.14	0.0276
		2.11	2.15	2.14		
		2.18	2.13	2.16		
		2.13	2.18	2.11		
	7	2.23	2.20	2.16	2.20	0.0351
	14	2.20	2.23	2.22	2.22	0.0153
	21	2.24	2.21	2.23	2.23	0.0153
	28	2.20	2.25	2.18	2.21	0.0361

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.2.4 ความหนาแน่นของตัวอย่างคอนกรีตใช้ซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วสถานะดั้งเดิม

SA / B	ระยะเวลาการบ่ม (วัน)	ความหนาแน่น (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)				ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
		ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	ค่าเฉลี่ย	
0.05	1	1.92	1.94	1.97	1.94	0.0147
		1.92	1.92	1.95		
		1.94	1.94	1.95		
		1.93	1.94	1.94		
	7	1.96	1.99	2.02	1.99	0.0212
	14	1.97	1.97	2.00	1.98	0.0000
	21	2.00	1.98	2.00	1.99	0.0141
	28	1.98	2.01	2.00	2.00	0.0212
0.10	1	1.95	1.95	1.93	1.97	0.0311
		1.98	1.96	1.99		
		2.04	1.93	1.99		
		1.97	1.99	1.99		
	7	1.99	2.00	1.98	1.99	0.0071
	14	2.03	2.01	2.03	2.02	0.0141
	21	2.10	1.98	2.03	2.04	0.0849
	28	2.01	2.05	2.04	2.03	0.0283
0.15	1	1.96	1.95	1.99	1.96	0.0257
		1.97	1.98	1.92		
		1.93	1.95	2.00		
		1.97	1.95	2.00		
	7	2.03	2.02	2.07	2.04	0.0071
	14	2.05	2.06	1.99	2.03	0.0071
	21	2.04	2.03	2.06	2.04	0.0071
	28	2.07	2.05	2.10	2.07	0.0141
0.25	1	1.97	1.99	1.94	1.98	0.0239
		1.99	1.97	2.00		
		1.98	2.01	1.96		
		1.97	2.03	1.99		
	7	2.03	2.06	2.01	2.03	0.0212
	14	2.06	2.05	2.08	2.06	0.0071
	21	2.06	2.10	2.05	2.07	0.0283

ตารางที่ ข.2.4 ความหนาแน่นของตัวอย่างคอนกรีตใช้ซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วสถานะดั้งเดิม (ต่อ)

SA / B	ระยะเวลาการบ่ม (วัน)	ความหนาแน่น (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)				ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
		ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	ค่าเฉลี่ย	
0.25	28	2.07	2.14	2.10	2.10	0.0495
0.35	1	2.05	2.01	2.01	2.02	0.0264
		2.05	2.06	2.03		
		2.00	2.03	1.99		
		2.03	2.02	1.97		
	7	2.08	2.04	2.03	2.05	0.0283
	14	2.08	2.09	2.05	2.07	0.0071
	21	2.04	2.07	2.04	2.05	0.0212
	28	2.09	2.08	2.03	2.07	0.0071

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.2.5 ความหนาแน่นของตัวอย่างคอนกรีตใช้ซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วขนาดดั้งเดิมและเผาที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส

SA / B	ระยะเวลาการบ่ม (วัน)	ความหนาแน่น (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)				ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
		ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	ค่าเฉลี่ย	
0.05	1	2.15	2.09	2.14	2.13	0.0202
		2.15	2.12	2.11		
		2.13	2.16	2.14		
		2.15	2.14	2.12		
	7	2.23	2.16	2.20	2.20	0.0495
	14	2.22	2.18	2.18	2.19	0.0283
	21	2.20	2.23	2.22	2.22	0.0212
	28	2.23	2.21	2.20	2.21	0.0141
0.10	1	2.07	2.12	2.13	2.12	0.0294
		2.15	2.09	2.18		
		2.12	2.14	2.09		
		2.11	2.12	2.11		
	7	2.14	2.18	2.19	2.17	0.0283
	14	2.20	2.16	2.25	2.20	0.0283
	21	2.18	2.20	2.16	2.18	0.0141
	28	2.18	2.20	2.18	2.19	0.0141
0.15	1	2.10	2.10	2.11	2.10	0.0178
		2.12	2.06	2.08		
		2.11	2.07	2.11		
		2.10	2.10	2.10		
	7	2.16	2.15	2.17	2.16	0.0071
	14	2.18	2.13	2.15	2.15	0.0354
	21	2.17	2.14	2.18	2.16	0.0212
	28	2.17	2.18	2.16	2.17	0.0071
0.25	1	1.91	1.91	1.93	1.93	0.0223
		1.92	1.95	1.91		
		1.93	1.95	1.91		
		1.93	1.89	1.97		
	7	2.01	2.01	2.01	2.01	0.0000
	14	2.00	2.02	1.99	2.00	0.0141

ตารางที่ ข.2.5 ความหนาแน่นของตัวอย่างคอนกรีตใช้ซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วขนาดดั้งเดิมและเผาที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส (ต่อ)

SA / B	ระยะเวลาการบ่ม (วัน)	ความหนาแน่น (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)				ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
		ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	ค่าเฉลี่ย	
0.25	21	2.03	2.06	1.95	2.01	0.0212
	28	1.96	1.92	2.01	1.96	0.0283
0.35	1	**	**	**		
		**	**	**		
		**	**	**		
		**	**	**		
	7	**	**	**		
	14	**	**	**		
	21	**	**	**		
	28	**	**	**		

หมายเหตุ ** สัดส่วนผสมคอนกรีตไม่สามารถขึ้นรูปเป็นก้อนได้ เนื่องจากความสามารถทำงานได้ของคอนกรีตสดน้อยเกินไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.2.6 ความหนาแน่นของตัวอย่างคอนกรีตใช้ซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วขนาดอนุภาคเล็กกว่า 150 ไมครอน

SA / B	ระยะเวลาการบ่ม (วัน)	ความหนาแน่น (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)				ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
		ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	ค่าเฉลี่ย	
0.05	1	1.99	1.99	2.01	1.99	0.0150
		1.99	1.99	1.96		
		1.98	1.99	1.97		
		2.01	1.99	1.97		
	7	2.05	2.05	2.06	2.05	0.0000
	14	2.03	2.04	1.99	2.02	0.0071
	21	2.03	2.04	2.02	2.03	0.0071
	28	2.08	2.06	2.03	2.06	0.0141
0.10	1	1.96	2.01	2.00	2.01	0.0323
		1.99	2.01	2.01		
		2.02	1.97	2.02		
		2.05	1.97	2.07		
	7	2.01	2.05	2.05	2.04	0.0283
	14	2.04	2.06	2.05	2.05	0.0071
	21	2.07	2.02	2.07	2.05	0.0354
	28	2.11	2.03	2.13	2.09	0.0566
0.15	1	2.04	2.02	2.05	2.04	0.0252
		2.08	2.04	2.01		
		2.01	2.00	2.06		
		2.07	2.05	2.03		
	7	2.08	2.06	2.09	2.08	0.0141
	14	2.12	2.09	2.05	2.09	0.0212
	21	2.05	2.04	2.09	2.06	0.0071
	28	2.12	2.09	2.08	2.10	0.0212
0.25	1	2.11	2.08	2.13	2.07	0.0317
		2.07	2.06	2.06		
		2.06	2.04	2.08		
		2.05	2.11	2.02		
	7	2.15	2.12	2.16	2.14	0.0212
	14	2.11	2.09	2.11	2.10	0.0141

ตารางที่ ข.2.6 ความหนาแน่นของตัวอย่างคอนกรีตใช้ซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วขนาดอนุภาคเล็กกว่า 150 ไมครอน (ต่อ)

SA / B	ระยะเวลาการบ่ม (วัน)	ความหนาแน่น (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)				ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
		ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	ค่าเฉลี่ย	
0.25	21	2.09	2.08	2.12	2.10	0.0071
	28	2.10	2.16	2.07	2.11	0.0424
0.35	1	2.06	2.11	2.04	2.07	0.0204
		2.10	2.06	2.08		
		2.06	2.08	2.06		
		2.06	2.06	2.09		
	7	2.10	2.15	2.08	2.11	0.0354
	14	2.15	2.10	2.12	2.12	0.0354
	21	2.09	2.11	2.08	2.09	0.0141
	28	2.09	2.10	2.12	2.10	0.0071

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.2.7 ความหนาแน่นของตัวอย่างคอนกรีตใช้ซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วขนาดอนุภาคเล็กกว่า 150 ไมครอนและเผาที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส

SA / B	ระยะเวลาการบ่ม (วัน)	ความหนาแน่น (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)				ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
		ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	ค่าเฉลี่ย	
0.05	1	2.20	2.14	2.13	2.16	0.0264
		2.16	2.15	2.16		
		2.13	2.14	2.15		
		2.17	2.21	2.13		
	7	2.26	2.20	2.19	2.22	0.0424
	14	2.22	2.20	2.22	2.21	0.0141
	21	2.20	2.21	2.21	2.21	0.0071
	28	2.24	2.28	2.20	2.24	0.0283
0.10	1	2.16	2.14	2.13	2.14	0.0221
		2.17	2.16	2.14		
		2.16	2.11	2.15		
		2.11	2.16	2.11		
	7	2.22	2.19	2.18	2.20	0.0212
	14	2.22	2.22	2.19	2.21	0.0212
	21	2.22	2.16	2.20	2.19	0.0424
	28	2.18	2.23	2.18	2.20	0.0000
0.15	1	2.08	2.03	2.07	2.08	0.0510
		2.12	1.99	2.11		
		2.12	2.09	1.98		
		2.11	2.13	2.10		
	7	2.12	2.07	2.12	2.10	0.0354
	14	2.17	2.03	2.16	2.12	0.0990
	21	2.17	2.15	2.03	2.12	0.0141
	28	2.16	2.18	2.17	2.17	0.0141
0.25	1	1.66	1.71	1.67	1.66	0.0524
		1.71	1.65	1.69		
		1.62	1.60	1.74		
		1.67	1.61	1.56		
	7	1.75	1.81	1.71	1.76	0.0424
	14	1.78	1.73	1.75	1.75	0.0354

ตารางที่ ข.2.7 ความหนาแน่นของตัวอย่างคอนกรีตใช้ซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วขนาดอนุภาคเล็กกว่า 150 ไมครอนและเผาที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส (ต่อ)

SA / B	ระยะเวลาการบ่ม (วัน)	ความหนาแน่น (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)				ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
		ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	ค่าเฉลี่ย	
0.25	21	1.66	1.65	1.81	1.71	0.0071
	28	1.78	1.71	1.58	1.69	0.0495
0.35	1	**	**	**		
		**	**	**		
		**	**	**		
		**	**	**		
	7	**	**	**		
	14	**	**	**		
	21	**	**	**		
	28	**	**	**		

หมายเหตุ ** สัดส่วนผสมคอนกรีตไม่สามารถขึ้นรูปเป็นก้อนได้ เนื่องจากความสามารถทำงานได้ของคอนกรีตสดน้อยเกินไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.2.8 ความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นผลิตจากซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วสถานะต่างๆ กันภายใต้สภาวะที่เหมาะสม

SA	SA / B	ความหนาแน่น (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)			ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
		ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ค่าเฉลี่ย	
$SA_{(ORG, UNT)}$	0.10	2.15	2.19	2.17	1.4496
$SA_{(ORG, TRT)}$	0.10	2.34	2.30	2.32	1.5839
$SA_{(100, UNT)}$	0.15	2.23	2.25	2.24	1.4708
$SA_{(100, TRT)}$	0.15	2.29	2.32	2.31	1.5132

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค.

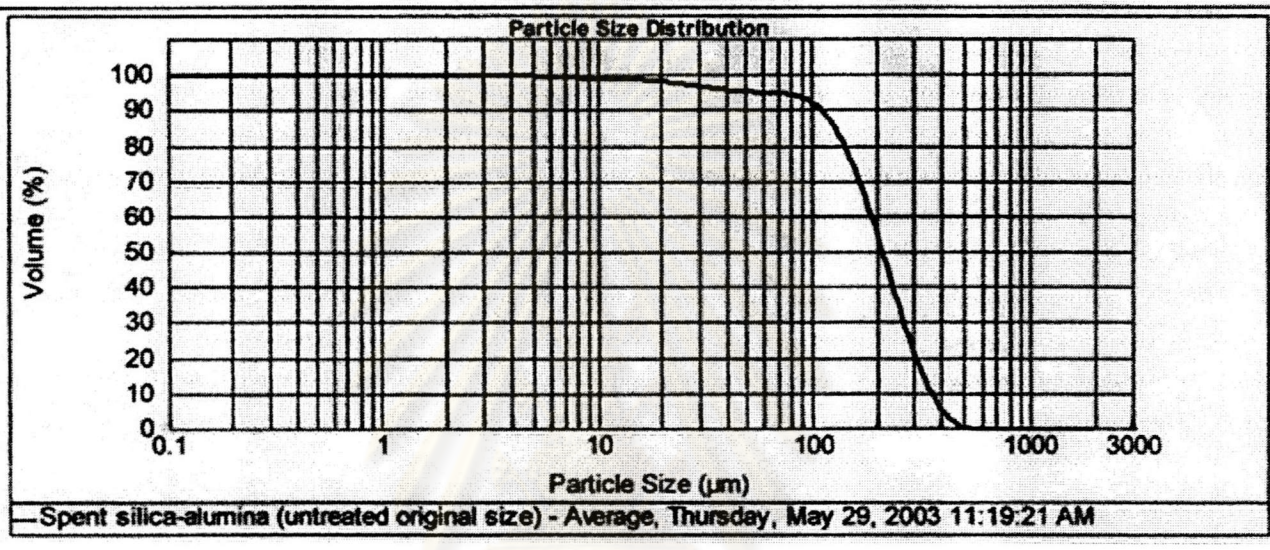
ผลวิเคราะห์การกระจายขนาดอนุภาค และ XRF

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Concentration:	Span :	Uniformity:	Result units:
0.0117 %Vol	1.170	0.371	Volume

Specific Surface Area:	Surface Weighted Mean D[3,2]:	Vol. Weighted Mean D[4,3]:
0.0504 m^2/g	119.123 um	223.695 um

d(0.1): 110.774 um d(0.5): 213.690 um d(0.9): 360.749 um



Size (µm)	Volume In %
0.020	0.00
0.022	0.00
0.025	0.00
0.028	0.00
0.032	0.00
0.036	0.00
0.040	0.00
0.045	0.00
0.050	0.00
0.056	0.00
0.063	0.00
0.071	0.00
0.080	0.00
0.089	0.00
0.100	0.00
0.112	0.00
0.126	0.00
0.142	0.00

Size (µm)	Volume In %
0.142	0.00
0.159	0.00
0.178	0.00
0.200	0.00
0.224	0.00
0.252	0.00
0.283	0.00
0.317	0.00
0.356	0.00
0.399	0.00
0.446	0.00
0.502	0.00
0.564	0.00
0.632	0.00
0.710	0.00
0.796	0.00
0.893	0.00
1.002	0.00

Size (µm)	Volume In %
1.002	0.00
1.125	0.00
1.262	0.00
1.416	0.00
1.589	0.00
1.783	0.00
2.000	0.00
2.244	0.00
2.518	0.00
2.825	0.02
3.170	0.07
3.557	0.10
3.991	0.12
4.477	0.14
5.024	0.14
5.637	0.14
6.325	0.13
7.096	0.12

Size (µm)	Volume In %
7.096	0.12
7.962	0.10
8.934	0.08
10.024	0.07
11.247	0.07
12.619	0.09
14.159	0.12
15.887	0.16
17.825	0.23
20.000	0.30
22.440	0.37
25.179	0.42
28.251	0.45
31.698	0.45
35.566	0.40
39.905	0.31
44.774	0.19
50.238	0.11

Size (µm)	Volume In %
50.238	0.11
56.368	0.10
63.246	0.19
70.953	0.38
79.621	0.80
89.337	1.52
100.237	2.52
112.468	3.83
126.191	5.32
141.589	6.90
158.866	8.33
178.250	9.46
200.000	10.09
224.404	10.13
251.765	9.54
282.508	8.40
316.979	6.86
355.656	5.11

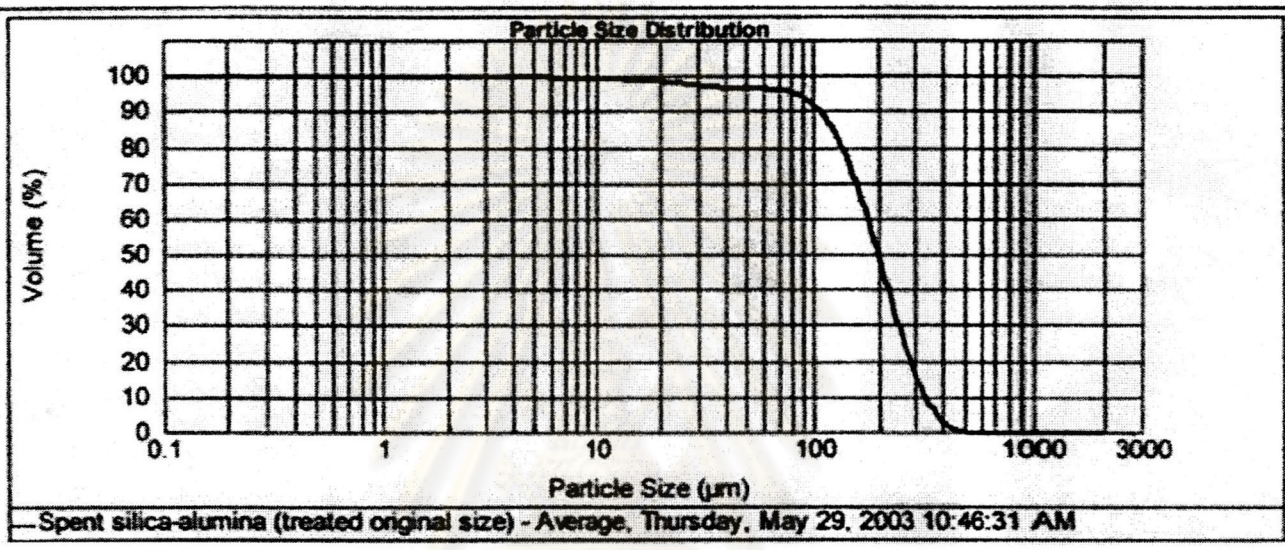
Size (µm)	Volume In %
355.656	5.11
399.052	3.50
447.744	1.97
502.377	0.15
563.677	0.00
632.456	0.00
709.627	0.00
796.214	0.00
893.357	0.00
1002.374	0.00
1124.683	0.00
1261.915	0.00
1415.892	0.00
1588.656	0.00
1782.502	0.00
2000.000	0.00

รูปที่ ค.1 ผลวิเคราะห์การกระจายขนาดอนุภาคซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วสถานะดั้งเดิม ($SA_{ORG, UNT}$)

Concentration:	Span :	Uniformity:	Result units:
0.0136 %Vol	1.128	0.358	Volume

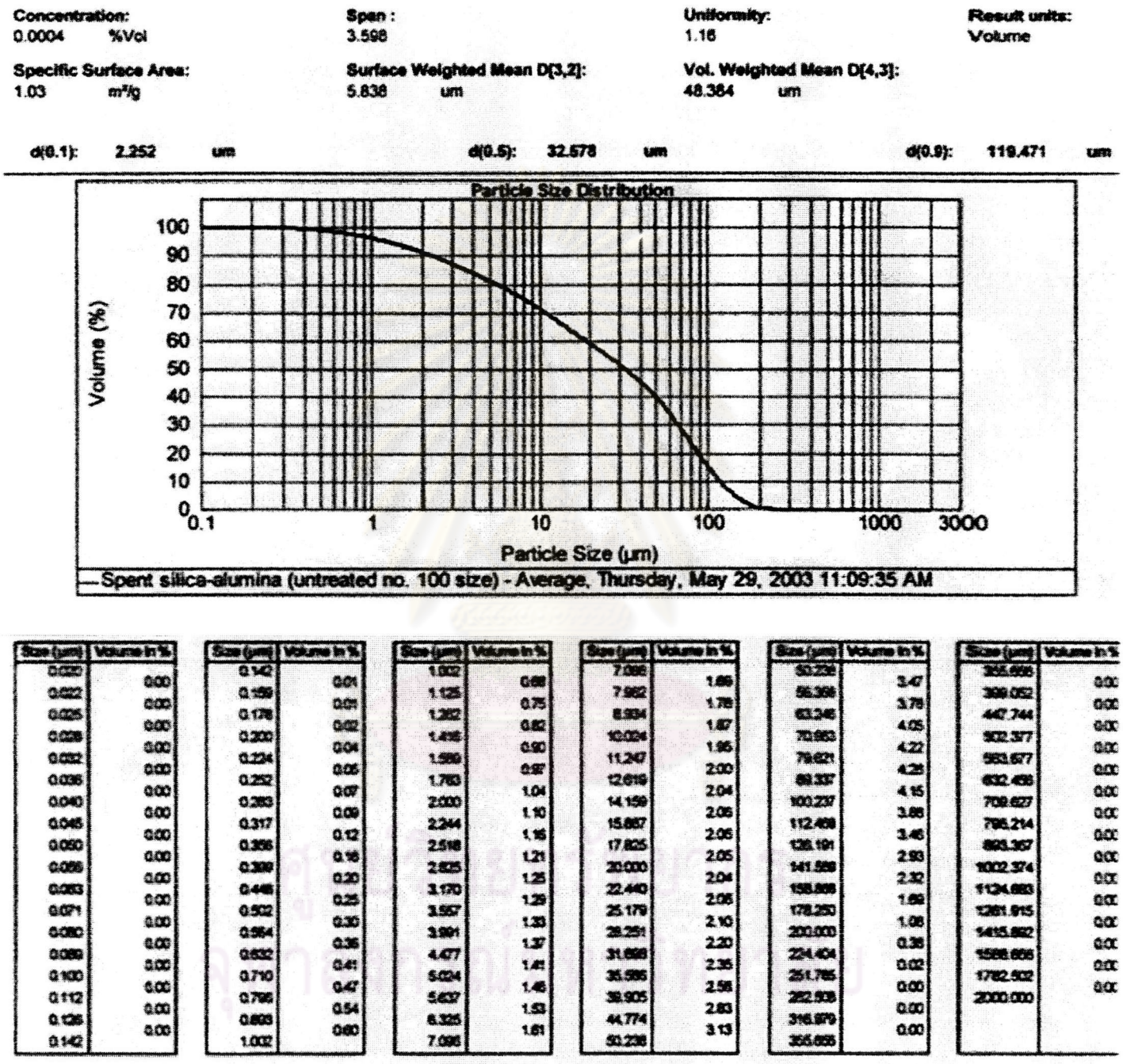
Specific Surface Area:	Surface Weighted Mean D[3,2]:	Vol. Weighted Mean D[4,3]:
0.0471 m^2/g	127.458 um	210.174 um

d(0.1): 108.527 um d(0.5): 200.005 um d(0.9): 334.103 um



Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %
0.020	0.00	0.142	0.00	1.002	0.00	7.096	0.09	50.238	0.05	355.656	4.04
0.022	0.00	0.159	0.00	1.125	0.00	7.962	0.08	56.368	0.05	399.052	2.31
0.025	0.00	0.178	0.00	1.262	0.00	8.934	0.07	63.246	0.22	447.744	0.72
0.028	0.00	0.200	0.00	1.416	0.00	10.024	0.06	70.953	0.57	502.377	0.02
0.032	0.00	0.224	0.00	1.589	0.00	11.247	0.07	79.621	1.18	563.677	0.00
0.036	0.00	0.252	0.00	1.783	0.00	12.619	0.09	89.337	2.11	632.456	0.00
0.040	0.00	0.283	0.00	2.000	0.00	14.159	0.11	100.237	3.34	709.627	0.00
0.045	0.00	0.317	0.00	2.244	0.00	15.887	0.14	112.468	4.84	796.214	0.00
0.050	0.00	0.356	0.00	2.518	0.00	17.825	0.19	126.191	6.44	893.357	0.00
0.056	0.00	0.399	0.00	2.825	0.00	20.000	0.25	141.589	8.02	1002.374	0.00
0.063	0.00	0.448	0.00	3.170	0.01	22.440	0.30	158.886	9.32	1124.683	0.00
0.071	0.00	0.502	0.00	3.557	0.06	25.179	0.34	178.250	10.19	1261.915	0.00
0.080	0.00	0.564	0.00	3.991	0.09	28.251	0.35	200.000	10.45	1415.892	0.00
0.089	0.00	0.632	0.00	4.477	0.11	31.698	0.33	224.404	10.05	1588.656	0.00
0.100	0.00	0.710	0.00	5.024	0.11	35.565	0.28	251.785	9.05	1782.502	0.00
0.112	0.00	0.796	0.00	5.637	0.11	39.905	0.20	282.508	7.57	2000.000	0.00
0.126	0.00	0.893	0.00	6.325	0.10	44.774	0.11	316.979	5.78		
0.142		1.002		7.096		50.238		355.656			

รูปที่ ค.2 ผลวิเคราะห์การกระจายขนาดอนุภาคซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วขนาดดั้งเดิม และเผาที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส ($SA_{ORG, TRT}$)



Size (µm)	Volume In %
0.020	0.00
0.022	0.00
0.025	0.00
0.028	0.00
0.032	0.00
0.036	0.00
0.040	0.00
0.045	0.00
0.050	0.00
0.056	0.00
0.063	0.00
0.071	0.00
0.080	0.00
0.089	0.00
0.100	0.00
0.112	0.00
0.126	0.00
0.142	0.00

Size (µm)	Volume In %
0.142	0.01
0.159	0.01
0.178	0.02
0.200	0.04
0.224	0.05
0.252	0.07
0.283	0.09
0.317	0.12
0.355	0.16
0.399	0.20
0.446	0.25
0.502	0.30
0.564	0.36
0.632	0.41
0.710	0.47
0.795	0.54
0.893	0.60
1.002	0.68

Size (µm)	Volume In %
1.002	0.68
1.125	0.75
1.262	0.82
1.416	0.90
1.589	0.97
1.783	1.04
2.000	1.10
2.244	1.16
2.518	1.21
2.825	1.25
3.170	1.29
3.557	1.33
3.991	1.37
4.477	1.41
5.024	1.46
5.637	1.53
6.325	1.61
7.096	1.69

Size (µm)	Volume In %
7.096	1.69
7.962	1.78
8.934	1.87
10.024	1.95
11.247	2.00
12.619	2.04
14.159	2.06
15.887	2.05
17.825	2.05
20.000	2.04
22.440	2.06
25.179	2.10
28.251	2.20
31.698	2.35
35.585	2.56
39.905	2.83
44.774	3.13
50.236	

Size (µm)	Volume In %
50.236	3.47
56.368	3.78
63.246	4.05
70.963	4.22
79.621	4.28
89.337	4.15
100.237	3.88
112.468	3.46
126.191	2.93
141.589	2.32
158.869	1.69
178.250	1.08
200.000	0.38
224.404	0.02
251.785	0.00
282.508	0.00
316.979	0.00
355.655	

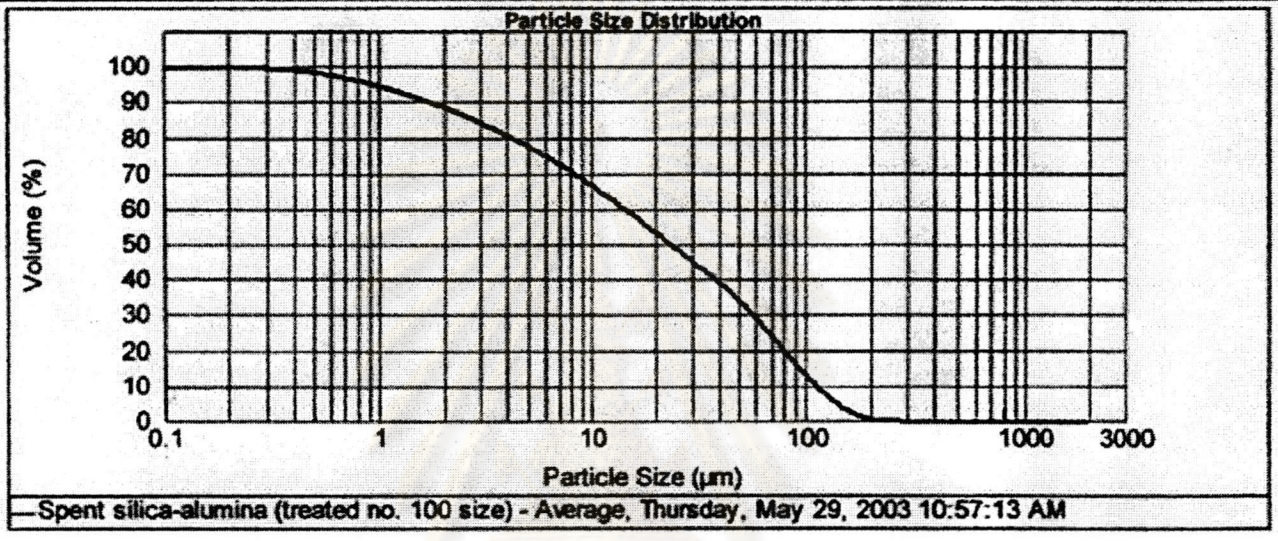
Size (µm)	Volume In %
355.655	0.00
399.052	0.00
447.744	0.00
502.377	0.00
563.677	0.00
632.456	0.00
709.627	0.00
796.214	0.00
893.357	0.00
1002.374	0.00
1124.683	0.00
1261.915	0.00
1415.892	0.00
1588.606	0.00
1782.502	0.00
2000.000	

รูปที่ ค.3 ผลวิเคราะห์การกระจายขนาดอนุภาคซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วขนาดอนุภาคเล็กกว่า 150 ไมครอน ($SA_{100, UNT}$)

Concentration:	Span :	Uniformity:	Result units:
0.0003 %Vol	4.710	1.49	Volume

Specific Surface Area:	Surface Weighted Mean D[3,2]:	Vol. Weighted Mean D[4,3]:
1.31 m^2/g	4.589 um	42.774 um

d(0.1): 1.725 um d(0.5): 23.461 um d(0.9): 112.219 um



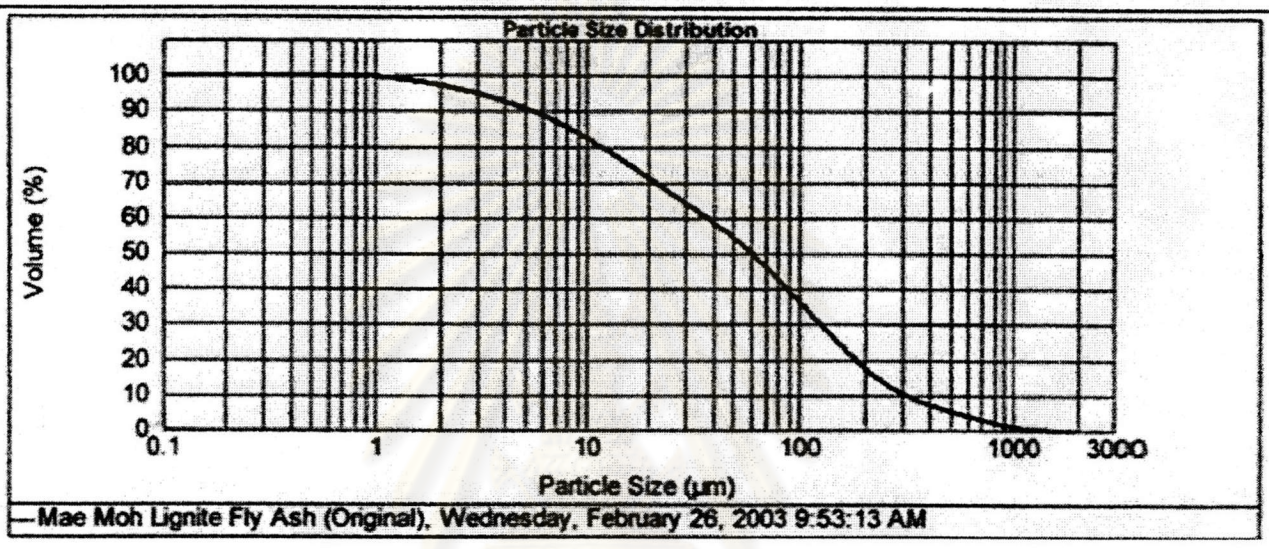
Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %
0.020	0.00	0.142	0.01	1.002	0.86	7.096	1.87	50.238	3.07	355.656	0.0
0.022	0.00	0.159	0.02	1.125	0.92	7.962	1.96	56.368	3.30	399.052	0.0
0.025	0.00	0.178	0.04	1.262	0.98	8.934	2.05	63.246	3.50	447.744	0.0
0.028	0.00	0.200	0.06	1.416	1.04	10.024	2.13	70.963	3.62	502.377	0.0
0.032	0.00	0.224	0.09	1.589	1.10	11.247	2.20	79.621	3.63	563.677	0.0
0.036	0.00	0.252	0.12	1.783	1.15	12.619	2.25	89.337	3.52	632.456	0.0
0.040	0.00	0.283	0.15	2.000	1.20	14.159	2.28	100.237	3.27	709.627	0.0
0.045	0.00	0.317	0.19	2.244	1.25	15.887	2.29	112.468	2.89	796.214	0.0
0.050	0.00	0.356	0.25	2.518	1.30	17.825	2.28	126.191	2.43	893.357	0.0
0.056	0.00	0.399	0.32	2.825	1.35	20.000	2.27	141.589	1.90	1002.374	0.0
0.063	0.00	0.446	0.39	3.170	1.39	22.440	2.25	158.866	1.38	1124.683	0.0
0.071	0.00	0.502	0.46	3.557	1.45	25.179	2.25	178.250	0.88	1261.915	0.0
0.080	0.00	0.564	0.53	3.991	1.50	28.251	2.28	200.000	0.36	1415.892	0.0
0.089	0.00	0.632	0.60	4.477	1.55	31.698	2.35	224.404	0.05	1588.656	0.0
0.100	0.00	0.710	0.65	5.024	1.62	35.566	2.46	251.785	0.02	1782.502	0.0
0.112	0.00	0.796	0.73	5.637	1.70	39.905	2.62	282.508	0.00	2000.000	
0.126	0.00	0.893	0.80	6.325	1.78	44.774	2.83	316.979	0.00		
0.142		1.002		7.096		50.238		355.656			

รูปที่ ค.4 ผลวิเคราะห์การกระจายขนาดอนุภาคซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วขนาดอนุภาคเล็กกว่า 150 ไมครอนและเผาที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส ($SA_{100,\ TRT}$)

Concentration:	Span :	Uniformity:	Result units:
0.0086 %Vol	5.016	1.76	Volume

Specific Surface Area:	Surface Weighted Mean D[3,2]:	Vol. Weighted Mean D[4,3]:
0.427 m^2/g	14.066 um	126.779 um

d(0.1): 5.331 um d(0.5): 60.294 um d(0.9): 307.768 um



Size (µm)	Volume In %
0.020	0.00
0.022	0.00
0.025	0.00
0.028	0.00
0.032	0.00
0.036	0.00
0.040	0.00
0.045	0.00
0.050	0.00
0.056	0.00
0.063	0.00
0.071	0.00
0.080	0.00
0.089	0.00
0.100	0.00
0.112	0.00
0.126	0.00
0.142	0.00

Size (µm)	Volume In %
0.142	0.00
0.159	0.00
0.178	0.00
0.200	0.00
0.224	0.00
0.252	0.00
0.283	0.00
0.317	0.00
0.356	0.00
0.399	0.00
0.448	0.00
0.502	0.00
0.564	0.00
0.632	0.00
0.710	0.00
0.796	0.03
0.893	0.12
1.002	0.20

Size (µm)	Volume In %
1.002	0.27
1.125	0.33
1.262	0.39
1.416	0.45
1.589	0.50
1.783	0.55
2.000	0.61
2.244	0.66
2.518	0.72
2.825	0.78
3.170	0.84
3.557	0.91
3.991	0.99
4.477	1.07
5.024	1.16
5.637	1.26
6.325	1.36
7.096	

Size (µm)	Volume In %
7.096	1.46
7.962	1.56
8.934	1.65
10.024	1.74
11.247	1.81
12.619	1.86
14.159	1.91
15.887	1.94
17.825	1.96
20.000	1.97
22.440	1.99
25.179	2.01
28.251	2.04
31.698	2.09
35.566	2.16
39.905	2.25
44.774	2.37
50.238	

Size (µm)	Volume In %
50.238	2.51
56.368	2.67
63.246	2.84
70.963	3.00
79.621	3.15
89.337	3.27
100.237	3.36
112.469	3.37
126.191	3.32
141.589	3.20
158.885	3.01
178.250	2.78
200.000	2.47
224.404	2.15
251.785	1.83
282.508	1.53
316.979	1.28
355.656	

Size (µm)	Volume In %
355.656	1.09
399.052	0.95
447.744	0.88
502.377	0.85
563.677	0.83
632.456	0.81
709.627	0.78
796.214	0.70
893.357	0.58
1002.374	0.45
1124.693	0.28
1261.915	0.11
1415.892	0.03
1588.656	0.00
1782.502	0.00
2000.000	

รูปที่ ค.5 ผลวิเคราะห์การกระจายขนาดอนุภาคเถ้าลอยลิกไนต์แม่เมาะ

ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
อาคารสถาบัน 3 จุฬาลงกรณ์ ซอย 62 พญาไท กรุงเทพฯ 10330 โทร. 218-8030-2, 254-0211 โทรสาร (662) 254-0211

SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL RESEARCH EQUIPMENT CENTRE CHULALONGKORN UNIVERSITY
CHULALONGKORN SOI 62 PHAYA-THAI ROAD BANGKOK 10330 THAILAND TEL. 218-8030-2, 254-0211 FAX: (662) 254-0211

รายงานเลขที่ 561/2546 1 / 1

รายงานผลการวิเคราะห์

ตัวอย่าง: Alumina-Silica
เจ้าของตัวอย่าง: นายหฤษฎ์ ชิตินันทน์
วัตถุประสงค์: เพื่อวิเคราะห์ธาตุเชิงปริมาณ
วิธีวิเคราะห์: Wavelength dispersive x-ray fluorescence spectrometry
เครื่องมือวิเคราะห์: X-ray fluorescence spectrometer, Philips model PW 2400
วันที่วิเคราะห์: 28 กรกฎาคม 2546

ผลการวิเคราะห์

ตัวอย่าง	ปริมาณธาตุ (% by wt.) *								
	Na_2O	MgO	Al_2O_3	SiO_2	SO_3	Cl	K_2O	CaO	Fe_2O_3
SA	11.78	ND.	67.94	17.32	2.68	0.04	0.01	0.21	0.03

*1. ปริมาณธาตุหาโดยวิธี Theoretical formulas, "fundamental parameter calculations".
2. ปริมาณธาตุที่วิเคราะห์ได้ คำนวณค่าให้อยู่ในรูป oxide ของธาตุนั้นๆ
3. ND. = Not Detected.

(นายสมคิด กางแก้ว) ผู้วิเคราะห์
(นายอุทัย ดิยะวิสุทธิ์ศรี) หัวหน้าฝ่ายวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือ
(ดร.สาทร สุวรรณ) ปฏิบัติราชการแทน รักษาราชการแทนผู้อำนวยการ

หมายเหตุ : ผลการทดสอบที่ได้รับนี้ เป็นผลการทดสอบเฉพาะตัวอย่างที่ทำการทดสอบจาก ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเท่านั้น

สฤ/สส

รูปที่ ค.6 ผลวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วด้วยเครื่อง X-ray Fluorescence Spectroscopy

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายหฤษฎ์ ธิตินันทน์ เกิดวันที่ 15 ตุลาคม พ.ศ. 2520 ที่อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช สำเร็จการศึกษาปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา จากสถาบันเทคโนโลยีนานาชาติสิรินธร มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ (SIIT) ในปี พ.ศ. 2542 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ในสาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปี พ.ศ. 2544

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย