รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กรกฎ วิจิตรพงศ์. การใช้ขี้เถ้าลอยแม่เมาะในการปรับปรุงความสามารถทำงานได้ของคอนกรีตสด. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2530.

กาญจนา กาญจนสุนทร. ส่วนผสมที่เหมาะสมของวัตถุดิบเพื่อการลดต้นทุนการผลิตพีวีซียืดหยุ่น. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2539.

ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร. คอนกรีตเทคโนโลยี. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : ผลิตภัณฑ์และวัสดุก่อสร้าง จำกัด, 2536.

ปริญญา จินดาประเสริฐ. ปูนซีเมนต์และคอนกรีต. ขอนแก่น : คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2529

ปริญญา จินดาประเสริฐ และ อินทรชัย หอวิจิต. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ผสมขี้เถ้าแม่เมาะ.ขอนแก่น : สำนักงานเทคโนโลยีเพื่อพัฒนาชนบท คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2528.

สมพงษ์ ธงไชย และ ณรงค์ บุญเสนอ. ความเป็นไปได้ในการนำวัสดุเหลือใช้ประเภทพลาสติกไฟเบอร์กลาส มาใช้แทนมวลรวมหยาบในการผลิตกระเบื้องคอนกรีตปูพื้น. วารสารวิศวกรรมสาร.10(ตุลาคม 2540) : 74-80.

สหประชาชาติ,องค์การ.การควบคุมฝุ่นแร่ในสถานประกอบการ. ในรายงานการสัมมนาระดับชาติเรื่องการควบคุมฝุ่นแร่ในสถานประกอบการ,2532 ณ ห้องประชุมใหญ่ อาคารสหประชาชาติ กรุงเทพมหานคร

ภาษาอังกฤษ

Cabrera, J.G. and Plowman, C. Mechanism and Kinematics of Hydration of C_3A and C_4AF Extracted from Cement. Cement and Concrete Research 15 (1985) : pp. 238-247.

Columna , Virgilio B. The Effect of Rice Hull Ash in Cement and Concrete Mixes. Master's Thesis, Asian Institute of Technology, 1974.

Davis JMG. and McDonald JC. Practical Introduction to Fix Factory Dust Extraction Systems and their Maintenance. The Asbestos International Association, 1988.

Kumar, Mehta P. Concrete Structure, Properties and Materials. 1st ed. U.S.A. : Prentice-Hall,1986.

Mcintosh, J.D. Concrete Mix Design. Cement and Concrete Association, 1966.

Power, T.C. The properties of Fresh Concrete. New York : John Willey and Sons, 1967.

Talor W.H. Concrete and Technology and Practice. 1st ed. Sydney : McGraw Hill,1971.

Troxell, G.E., Davis, H.E., and Kelly, J.W. Composition and Properties of Concrete. New York : McGraw Hill Civil Engineering Series, 1968.

Vanherle H.E. and Giboin B. Reduction and Recycling of Waste in the Asbestos-Cement Manufacturing Process. Kuala Lumpur International Conference on Asbestos Product. Malaysia,1991.

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก.

ความรู้เกี่ยวกับแอสเบสตอสและกระบวนการผลิตกระเบื้องซีเมนต์ใยหิน

1. ความรู้เกี่ยวกับแอสเบสตอส (Asbestos)

แอสเบสตอสหรือแร่ใยหิน เป็นแร่ประเภทซิลิเกต มีโมเลกุลของน้ำเป็นองค์ประกอบ ส่วนประกอบอื่นๆ เช่น แมกนีเซียม เหล็ก โซเดียม แคลเซียม

1.1 ประเภทของแอสเบสตอส

แอสเบสตอสเป็นชื่อสามัญรวมๆ ของแร่ประเภทเส้นใยซิลิเกต สามารถแยกตามลักษณะองค์ประกอบทางเคมี และคุณสมบัติทางกายภาพออกเป็น 2 ประเภท ใหญ่ๆ คือ

1.1.1 เซอร์เพนไทน์(Serpentine) เส้นใยสีขาวมีลักษณะโค้ง งอ หยิก และสั้น ได้แก่ คริโซไทล์ (Chrysotile : $3MgO.2SiO_2.2H_2O$) ซึ่งนับว่าเป็นแอสเบสตอสที่มีบทบาทสำคัญในวงการอุตสาหกรรม คือ มีการใช้ถึง 95% ของเส้นใยชนิดอื่น

1.1.2 แอมฟิโบล(Amphibole) เส้นใยมีลักษณะเหยียดตรงคล้ายเข็ม ได้แก่

- อะมอร์ไซต์(Amorsite : $(FeMg)SiO_3$) เป็นเส้นใยสีเทาอ่อน ถึงสีน้ำตาล
- โครซิโดไลต์(Crocidolite : $NaFe(SiO_3)_2.FeSiO_3.H_2O$) เป็นเส้นใยสีน้ำเงิน
- แอนโทฟิลไลต์(Anthophyllite : $(MgFe)_7.Si_8O_{22}.(OH)_2$)
- เทอร์โมไลต์(Termolite : $Ca_2Mg_5Si_8O_{22}.(OH)_2$)
- แอคติโนไลต์(Actinolyte : $CaO.3(MgFe)O.4SiO_2$)

1.2 <u>แหล่งผลิตแอสเบสตอส</u>

เนื่องจากแอสเบสตอสมีคุณสมบัติที่ดี ทำให้มีการนำไปใช้ประโยชน์ต่างๆ มากมาย แต่การนำมาใช้ต้องเลือกมาจากแหล่งผลิตที่มีคุณภาพและราคาที่เหมาะสม ซึ่งสามารถแยกแหล่งผลิตแอสเบสตอสตามปริมาณที่พบแอสเบสตอสได้ดังนี้

1.2.1 <u>แหล่งผลิตขนาดใหญ่</u>

- แคนาดา แอสเบสตอสที่พบส่วนใหญ่เป็นคริโซไทล์
- รัสเซีย แอสเบสตอสที่พบส่วนใหญ่เป็นคริโซไทล์
- แอฟริกาใต้ แอสเบสตอสส่วนใหญ่ที่พบเป็นคริโซไทล์
- สหรัฐอเมริกา แอสเบสตอสที่พบส่วนใหญ่เป็นคริโซไทล์และทริโมไลต์

1.2.2 <u>แหล่งผลิตขนาดเล็ก</u>

- ยุโรป ได้แก่ ไซปรัส อิตาลี ฟินแลนด์ โปรตุเกส สเปน สวิทเซอร์แลนด์
- เอเชีย ได้แก่ จีน อินเดีย ญี่ปุ่น เกาหลีใต้ ตุรกี
- แอฟริกา ได้แก่ อียิปต์ โมรอคโค โมซัมบิค เคนยา มาดากัสกา
- ลาตินอเมริกา ได้แก่ เม็กซิโก อาร์เจนตินา โบลิเวีย บราซิล ชิลี โคลัมเบีย
- ออสเตรเลีย ได้แก่ ออสเตรเลียตะวันตก ออสเตรเลียใต้ ควีนแลนด์ นิวซีแลนด์

1.3 <u>กระบวนการผลิตแอสเบสตอส</u>

กระบวนการผลิตแอสเบสตอสแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน ขั้นตอนแรก คือ การระเบิดภูเขาเพื่อให้ได้ก้อนหินขนาดเล็ก และขั้นตอนที่สอง คือ การบดก้อนหินให้ได้เส้นใยความยาวตามที่ต้องการ

1.4 <u>คุณสมบัติและประโยชน์ของแอสเบสตอส</u>

แอสเบสตอสมีคุณสมบัติเด่นหลายประการ เช่น ต้านทานสภาพกรด ด่าง และทนความร้อนได้ดี เส้นใยเหนียวและความยืดหยุ่น และคุณสมบัติเป็นเส้นใยก่อให้เกิดความฝืดได้ดี จึงทำให้แอสเบสตอสถูกนำมาใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวาง ได้แก่

- เป็นสารเสริมความแข็งแรงในผลิตภัณฑ์แอสเบสตอสซีเมนต์ ได้แก่ กระเบื้องมุงหลังคา ท่อซีเมนต์ ฯลฯ

- เป็นตัวหน่วงกันไฟไหม้ในผลิตภัณฑ์กระดาษและสิ่งทอ

- เป็นผลิตภัณฑ์ต้านแรงเสียดทานที่ใช้ในผ้าเบรคและคลัตช์

- เป็นตัวช่วยกันการสึกหรอในกระเบื้องปูพื้นไวนิล

- เป็นตัวช่วยประสานสำหรับผิวสำหรับผิวถนนลาดแอสฟัลต์

- ใช้เป็นสารเติมในเรซิน พลาสติก วัสดุกันซึมและกันรั่วต่างๆ

- ใช้เป็นตัวต้านทานกรดและด่างในกล่องแบตเตอรี่ ทำภาชนะบรรจุ ท่อที่ใช้สูบน้ำกรด วาล์วและประเก็นเครื่องยนต์

- เป็นวัสดุกรองในอุตสาหกรรมอาหาร ยา และเคมี

- เป็นฉนวนสำหรับท่อ หม้อน้ำ และในตัวอาคาร

1.5 <u>โรคที่เกิดจากแอสเบสตอส</u>

เป็นเวลาหลายปีที่ผ่านมา พบว่ามีความเข้มข้นของฝุ่นสูงถึง 200 เส้นใยต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (f/cc) ในอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับแอสเบสตอส กลุ่มหมอกของฝุ่นทำให้สภาพแวดล้อมการทำงานไม่ดีและมีผลกระทบต่อผู้ปฏิบัติงานหลายอย่าง เช่น สภาพการมองเห็น รวมทั้งเมื่อมีการสะสมในร่างกายทำให้เกิดโรคต่าง ๆ ดังนี้

1.5.1 <u>โรคแอสเบสโตซิส (Asbestosis)</u>

เป็นโรคปอดเรื้อรัง ปอดเป็นแผล เนื่องจากแอสเบสตอสทิ่มแทงปอดและสารในแอสเบสตอส ทำปฏิกริยากับเนื้อเยื่อปอด ทำให้ผู้ป่วยมีอาการหายใจถี่ เจ็บหน้าอก ลำตัวบวม น้ำหนักลด ลิ้นและเล็บเป็นสีฟ้า ไอแห้ง สมรรถภาพการทำงานของปอดเสื่อมลง

1.5.2 <u>มะเร็งปอด (Lung cancer)</u>

ผู้ที่ทำงานเกี่ยวกับแอสเบสตอส พบว่ามีโอกาสเป็นมะเร็งที่ปอดสูงมาก โดยเฉพาะคนงานที่สูบบุหรี่ ผู้ป่วยจะมีอาการไอ เจ็บหน้าอก บางที่อาจไอมีเสมหะเป็นเลือด

1.5.3 โรคเนื้องอกของเซลล์บุผิวเยื่อหุ้มปอดและเยื่อบุช่องท้อง (Mesothelioma)

เป็นมะเร็งชนิดหนึ่งที่พบที่ช่องอก และช่องท้อง ผู้ป่วยมีอาการหายใจถี่ เจ็บหน้าอก และเมื่อหายใจลึกๆ จะเจ็บปวดลำตัว โรคนี้ทำให้ตายได้ใน 1-2 ปี พบว่าแอสเบสตอส amphibole ชื่อ crocidolite เป็นสารที่ทำให้เกิดโรคนี้ได้มากที่สุด

2. กระบวนการผลิตกระเบื้องซีเมนต์ใยหิน

กระบวนการผลิตกระเบื้องซีเมนต์ใยหิน แบ่งออกได้เป็น 3 ขั้นตอนใหญ่ๆ คือ

2.1 การผสม Asbestos กับปูนซิเมนต์

นำ Asbestos ที่ผ่านเครื่องตีใยแล้วผสมกับปูนซิเมนต์ มาชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งอัตโนมัติในอัตราส่วนที่กำหนดและผสมกับน้ำเป็นน้ำปูน (Slurry) ด้วยการควบคุมความหนาแน่นก่อนที่จะส่งไปยังเครื่องผลิตกระเบื้อง

2.2 การทำเป็นแผ่น

ส่วนผสมน้ำปูนผ่านตะแกรงและลูกอัด อัดให้ได้กระเบื้องตามความหนาแน่นแล้วตัดเป็นแผ่นตามความกว้างยาวที่ต้องการจากนั้นจะผ่านเครื่องทำลอนและจัดเก็บบนแผ่นเหล็กต่อไป

2.3 การแกะแบบและตรวจคุณภาพ

ภายหลังจากการเก็บไว้บนแบบเหล็ก 8 ชม. บ่มให้แข็งตัวตามที่ต้องการแล้วนำกระเบื้องไปเข้าเครื่องแกะแบบ แยกเอาแผ่นกระเบื้องออกจากแบบเหล็ก ตรวจดูสภาพแล้วไปจัดเก็บในโกดังเก็บสินค้าเพื่อจำหน่ายให้ลูกค้าต่อไป

ภาคผนวก ข.

ค่ากำลังอัดของหมอนคอนกรีตรองกระเบื้อง

จากข้อมูลในอดีตของโรงงานผลิตกระเบื้องซีเมนต์ไยหิน ได้ทำการทดสอบค่ากำลังอัดของหมอนคอนกรีตรองกระเบื้องที่มีอายุการบ่มครบ 7 วัน ซึ่งสุ่มตัวอย่างมาจากหลายๆ รุ่นที่ผู้ผลิตหมอนคอนกรีตรองกระเบื้องส่งให้โรงงานผลิตกระเบื้องซีเมนต์ไยหินจำนวน 30 ตัวอย่าง ได้ผลทดสอบดังนี้

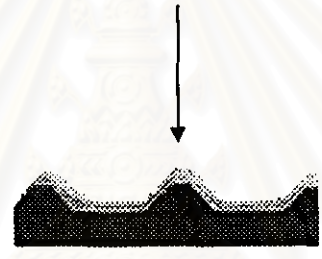
ตัวอย่างที่	ค่ากำลังอัด (กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร)	ตัวอย่างที่	ค่ากำลังอัด (กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร)
1	250.6	16	270.2
2	258.9	17	281.0
3	248.5	18	290.6
4	269.0	19	232.6
5	238.5	20	248.5
6	252.1	21	253.6
7	254.6	22	259.7
8	260.8	23	236.3
9	262.5	24	277.4
10	270.4	25	255.0
11	248.6	26	253.0
12	244.5	27	258.4
13	259.3	28	234.1
14	247.0	29	244.6
15	269.8	30	250.6
ค่าเฉลี่ย		256.02	
ค่าต่ำสุด		232.60	
ค่าสูงสุด		290.60	
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		13.74	

ภาคผนวก ค.

ข้อกำหนดค่ากำลังอัดของหมอนคอนกรีตรองกระเบื้อง

เมื่อพิจารณาจากการใช้งานจริงของหมอนคอนกรีตรองกระเบื้อง พบว่า การกองกระเบื้องจะแบ่งเป็น 3 ชั้น ชั้นละ 130 แผ่น น้ำหนักกระเบื้องแผ่นละประมาณ 7.7 กิโลกรัม ดังนั้นหมอนคอนกรีตรองกระเบื้องตัวล่างจึงต้องสามารถที่จะรับแรงกดเนื่องจากน้ำหนักกระเบื้องได้โดยไม่แตกหักหรือมีกำลังอัดมากกว่า 30 kg/cm^2

แรงกดเนื่องจากน้ำหนักกระเบื้อง



ค่ากำลังอัดที่หมอนคอนกรีตรับได้ = $\frac{\text{แรงกดเนื่องจากน้ำหนักกระเบื้อง}}{\text{พื้นที่หน้าตัดของหมอนคอนกรีตรองกระเบื้อง}}$

$= \frac{3 \times 130 \times 7.7 \text{(กิโลกรัม)}}{250 \text{ ตารางเซนติเมตร}}$

= 12 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

กำหนดให้ safety factor = 2.5 ดังนั้น

ข้อกำหนดค่ากำลังอัดของหมอนคอนกรีต = 12×2.5

= 30 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

ประวัติผู้เขียน

นายณัฐเศรษฐ์ สมแสน เกิดเมื่อวันที่ 11 สิงหาคม พ.ศ. 2515 ที่จังหวัดสกลนคร สำเร็จการศึกษาปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จากมหาวิทยาลัยขอนแก่น ในปีการศึกษา 2537 หลังจากนั้นได้เข้าทำงานกับกลุ่มบริษัทปูนซิเมนต์ไทย สังกัด บริษัท กระเบื้องกระดาษไทย จำกัด (SIAM FIBRE CEMENT Co.,Ltd) ประจำอยู่ ณ สำนักงานใหญ่ กรุงเทพมหานคร แล้วจึงเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ในปีการศึกษา 2539

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย