

การประยุกต์ใช้ซีเมนต์จากกะลามะพร้าว ชังข้าวโพด และเปลือกถั่วลิสง ผสมในวัสดุซีเมนต์

บุรฉัตร ฉัตรวีระ

อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ศูนย์รังสิต ปทุมธานี 12121

พิชัย นิมิตยงสกุล

รองศาสตราจารย์
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย ปทุมธานี 12120

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการค้นคว้าพัฒนาวัสดุชนิดใหม่ที่สามารถนำมาผสมกับซีเมนต์ นอกเหนือจากซีเมนต์และซีเมนต์จากฟางข้าว การวิจัยจะมุ่งประเด็นไปยังซีเมนต์จากกะลามะพร้าว ชังข้าวโพด และเปลือกถั่วลิสง ศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติของเพสต์และมอร์ตาร์ที่มีซีเมนต์ดังกล่าวผสมแบบแทนที่ซีเมนต์อยู่ คุณสมบัติของซีเมนต์ดังกล่าวที่ต้องการศึกษา ได้แก่ ความถ่วงจำเพาะ ค่าความละเอียด ส่วนประกอบทางเคมี และดัชนีกำลังเทียบกับปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ คุณสมบัติของเพสต์ที่ทำการศึกษาคือ ระยะเวลาก่อตัวเริ่มต้นและสุดท้ายของซีเมนต์ผสมกับซีเมนต์จากเปลือกถั่วลิสง โดยซีเมนต์ดังกล่าวใช้ปริมาณ 30% แทนที่ซีเมนต์ นอกจากนี้ยังศึกษากำลังอัดของมอร์ตาร์ผสมซีเมนต์จากกะลามะพร้าว โดยสัดส่วนซีเมนต์แทนที่ซีเมนต์ใช้ 0, 35 และ 50% ในขณะที่มอร์ตาร์ผสมซีเมนต์จากชังข้าวโพด และเปลือกถั่วลิสง ใช้สัดส่วนซีเมนต์แทนที่ในซีเมนต์ คือ 0, 20, 30 และ 40% งานวิจัยนี้ใช้ปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ประเภท 1 และปริมาณน้ำควบคุมโดยวัดการไหลให้อยู่ในช่วงระหว่าง 105-115% งานวิจัยนี้ยังได้ศึกษาถึงอิทธิพลของอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุที่ผสมซีเมนต์ เพื่อหาปริมาณน้ำที่เหมาะสมในแต่ละซีเมนต์ นอกจากนี้ยังมีการทดสอบมอร์ตาร์ผสมซีเมนต์ดังกล่าวสามารถทนต่อสภาพกรดซัลฟูริกและกรดไฮโดรคลอริก เปรียบเทียบกับมอร์ตาร์ธรรมดาและมอร์ตาร์ผสมซีเมนต์จากกะลามะพร้าว ผลทดสอบแสดงให้เห็นว่า ซีเมนต์จากกะลามะพร้าวไม่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในวัสดุซีเมนต์ได้ยกเว้นซีเมนต์จากชังข้าวโพดและเปลือกถั่วลิสง ซึ่งถือว่าเป็นวัสดุผสมซีเมนต์ชนิด F และ N ตามลำดับ มอร์ตาร์ผสมซีเมนต์จากชังข้าวโพดจะให้กำลังอัดต่ำกว่ามอร์ตาร์ธรรมดา ในขณะที่มอร์ตาร์ผสมซีเมนต์จากเปลือกถั่วลิสงให้กำลังอัดสูงกว่ามอร์ตาร์ธรรมดา ในการทดสอบผลของกรดที่มีต่อมอร์ตาร์บั้งซีเมนต์ที่ผสมซีเมนต์จากเปลือกถั่วลิสงสามารถทนต่อสภาพกรดได้ดีกว่ามอร์ตาร์ที่ผสมซีเมนต์จากกะลามะพร้าว

Use of Coconut Husk Ash, Corn Cob Ash and Peanut Shell Ash as Pozzolana

B. Chatveera

Department of Civil Engineering
Faculty of Engineering
Thammasat University

P. Nimityongskul

School of Civil Engineering
Asian Institute of Technology
Bangkok Thailand

Abstract

This research is conducted to develop new kinds of pozzolana from other agricultural wastes apart from rice husk and rice straw. The study investigated the use of coconut husk, corn cob and peanut shell ash as pozzolana. A series of experiments were conducted to determine the properties of coconut hush ash, corn cob ash and peanut shell ash which are referred here as CHA, CCA and PSA respectively, and the properties of paste and mortar having a certain percent replacement of cement by these ashes. The properties of CHA, CCA and PSA namely specific gravity, fineness, chemical composition and the strength activity index with Portland cement were determined. For properties of paste, only ordinary Portland cement and 30% PSA were investigated for normal consistency and initial and final setting time. To determine the compressive strength, three mixes were cast for CHA having a percent replacement of 0, 35 and 50 percent and four mixes were cast for both CCA and PSA having a percent replacement of 0, 20, 30 and 40 percent. Ordinary Portland cement Type I was used and water content was controlled to have a flow of 105-115% for all mortars. To investigate the influence of water to cementitious material ratio, four mixes were made to determine the optimum water content. Four kinds of mortar namely ordinary Portland cement, rice husk ash, CCA and

PSA were also tested for sulphate and acidic attacks.

Experimental results revealed that coconut husk ash cannot be utilized as pozzolana while CCA and PSA can be classified as F and N pozzolana respectively. CCA mortars have lower compressive strength than the controlled mortar (0% CCA) while PSA mortars showed higher compressive strength than the controlled mortar (0% PSA). Among the four mortars tested for chemical attack, PSA mortars showed higher resistance against sulphate attack and RHA against acidic attack.

Keywords : Compressive strength, Mortars, Pozzolana, Properties, Sulphate and acidic attacks.

บทนำ

วัสดุก่อสร้างมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการพัฒนามานโครงสร้างของประเทศ ถึงแม้ว่าจะมีวัสดุเหล็กและไม้ ยังมีซีเมนต์ซึ่งเป็นปัจจัยหลักในอุตสาหกรรมก่อสร้างในปัจจุบัน เนื่องจากการขยายตัวในธุรกิจการก่อสร้าง และภาวะเงินเฟ้อ วัสดุก่อสร้างจึงมีราคาสูงขึ้น โดยเฉพาะในประเทศกำลังพัฒนาที่มีความต้องการซีเมนต์ค่อนข้างสูง ดังนั้น จึงเป็นสาเหตุให้นักวิจัยต้องพัฒนาค้นหาวัสดุก่อสร้างใหม่ๆ โดยเฉพาะวัสดุผสมซีเมนต์ที่ได้จากวัสดุเหลือใช้ในประเทศ เพราะวัสดุดังกล่าวสามารถแทนที่ซีเมนต์ได้ และทำให้ราคาถูกลง ในงานวิจัยนี้จึงศึกษาความเป็นไปได้ที่จะนำซีเมนต์จากกะลามะพร้าว, ชังข้าวโพด และเปลือกถั่วลิสง มาประยุกต์ใช้ผสมในวัสดุซีเมนต์ ซึ่งซีเมนต์จากแหล่งดังกล่าวได้มาจากการเผาในเตาเผาที่ออกแบบไว้เป็นพิเศษ (We, 1981) เมื่อเผาแล้ว ซีเมนต์ดังกล่าวจะถูกบดในเครื่องบด (Islam, 1981) โดยกำหนดเวลาการบดเท่ากับ 1 ชั่วโมงตลอดการวิจัย การทดสอบสามารถแบ่งได้เป็น

- (ก) คุณสมบัติจากซีเมนต์จากกะลามะพร้าว, ชังข้าวโพด และเปลือกถั่วลิสง ศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติทางกายภาพ และเคมีของซีเมนต์ดังกล่าว การทดสอบเป็นไปตามมาตรฐาน ASTM
- (ข) คุณสมบัติของซีเมนต์เพสต์ปกติกับซีเมนต์เพสต์ที่มีซีเมนต์จากเปลือกถั่วลิสงผสม เพื่อหาปริมาณน้ำที่ทำให้ซีเมนต์เพสต์มีการไหลตามมาตรฐาน เทียบกับซีเมนต์เพสต์ที่ผสมซีเมนต์จากเปลือกถั่วลิสง โดยกำหนดซีเมนต์เพสต์ปกติเป็นตัวแทนหลัก จากการใช้ปริมาณน้ำดังกล่าว จะมีการทดสอบหาเวลาการก่อตัวเริ่มต้น และสุดท้าย ตามมาตรฐาน ASTM
- (ค) คุณสมบัติของมอร์ต้าผสมซีเมนต์จากกะลามะพร้าว, ชังข้าวโพด และเปลือกถั่วลิสง
 - ศึกษากำลังอัดของมอร์ต้าผสมซีเมนต์จากกะลามะพร้าว, ชังข้าวโพด และเปลือกถั่วลิสง กำหนดการไหลเท่ากับ 105-115% และสัดส่วนซีเมนต์ดังกล่าวแทนที่ในซีเมนต์เท่ากับ 0%, 20%, 30% และ 40% ใช้ปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ประเภท 1 และการทดสอบกำลังอัดจะทดสอบเมื่อตัวอย่างมอร์ต้ามีอายุครบ 3, 7 และ 28 วัน

- ศึกษาผลของอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุผสมซีเมนต์ที่มีต่อกำลังอัด โดยอัตราส่วนอยู่ในช่วงระหว่าง 0.44 ถึง 0.56 โดยมีอัตราผสมกับซีเมนต์จากซังข้าวโพด และเปลือกถั่วลิสงเท่านั้น และทดสอบหาลำดับอัดเมื่อตัวอย่างมอร์ต้าอายุครบ 3, 7 และ 28 วัน
- การศึกษาความสามารถในการทนต่อสภาพกรด ตัวอย่างมอร์ต้าจะถูกแช่ในกรดไฮโดรคลอริก และกรดซัลฟูริก ที่มีค่าความเข้มข้น 10% เป็นระยะเวลา 30 วัน และจดบันทึกค่าการสูญเสีย น้ำหนักในสภาพตัวอย่างมีความอิ่มตัวผิวแห้งและสภาพตัวอย่างที่แห้งแล้ว การศึกษาจะทำการ วิจัยมอร์ต้าผสมซีเมนต์จากแหล่งทั้งสาม และซีเมนต์กลับด้วย

การทดสอบ

วัสดุ

กะลามะพร้าว, ซังข้าวโพด และเปลือกถั่วลิสง : กะลามะพร้าวได้จากจังหวัดปทุมธานี และนนทบุรี ซังข้าวโพด และเปลือกถั่วลิสงได้มาจากจังหวัดสระบุรี

- ซีเมนต์ : ใช้พอร์ตแลนด์ซีเมนต์ประเภท 1 (ตราเพชร) ผลิตจาก บริษัท ปูนซีเมนต์นครหลวง จำกัด
- น้ำ : ใช้น้ำธรรมดาในห้องปฏิบัติการทดสอบ
- ทรายน : ใช้ทรายน้ำผ่านตะแกรงเบอร์ 30 และค้ำตะแกรงเบอร์ 100 ตามมาตรฐาน ASTM C109-80

การเตรียมซีเมนต์จากกะลามะพร้าว, ซังข้าวโพด และเปลือกถั่วลิสง

ก. การเผากะลามะพร้าว, ซังข้าวโพด และเปลือกถั่วลิสง

ใช้เตาเผาที่ออกแบบพิเศษ (We, 1981) หลังจากเผาเสร็จ ปล่อยให้เตาเผาเย็นตัวลงแล้ว จึงขนย้ายซีเมนต์ที่เผาแล้ว ไปเก็บในที่เก็บเพื่อรอขั้นตอนการบดต่อไป

ข. การบด

การบดกระทำในเครื่องบด (Islam, 1981) ระยะเวลาบดใช้ 1 ชั่วโมง ความเร็วรอบเท่ากับ 50 รอบและใช้ตัวกลางบดหนัก 50 กิโลกรัม ปริมาณซีเมนต์จากกะลามะพร้าวใส่ในเครื่องบดประมาณ 5 กิโลกรัม ในขณะที่ปริมาณซีเมนต์จากเปลือกถั่วลิสงและซังข้าวโพดใส่ในเครื่องบดประมาณ 4.5 และ 2 กิโลกรัม ตามลำดับ

โปรแกรมการทดสอบ

ก. คุณสมบัติของซีเมนต์จากกะลามะพร้าว, ซังข้าวโพดและเปลือกถั่วลิสง

คุณสมบัติทางกายภาพ และทางเคมีของซีเมนต์จากกะลามะพร้าว, ซังข้าวโพด และเปลือกถั่วลิสงทดสอบจาก บริษัทปูนซีเมนต์นครหลวง จำกัด

[illegible]

มาตรฐาน ASTM C187-86

การดำเนินการตามแผนปฏิบัติการประจำปี

[illegible][illegible]

កម្ពុជាប្រទេសជាតិមានប្រជាជនចំនួន ២៤លាននាក់ ដែលជាមធ្យម ២៥ ភាគរយនៃប្រជាជនសរុប

การทดสอบสมมติฐานการเลือกแบบสุ่มโดยวิธีของเพอร์มูเตชัน

ចំណុចទី២៖ ការអនុវត្តកិច្ចសន្យាសហប្រតិបត្តិការរវាងរដ្ឋាភិបាលកម្ពុជា និង អង្គការសហប្រជាជាតិ ក្នុងការបង្កើនស្ថិរភាពសេដ្ឋកិច្ច និងសង្គមកម្ពុជា

សេចក្តីស្នើសុំបញ្ជាក់ពីការបំពេញកិច្ចការ និង លទ្ធផលនៃការងាររបស់ខ្លួន ក្នុងកិច្ចការប្រចាំថ្ងៃ ប្រចាំសប្តាហ៍ ប្រចាំខែ ប្រចាំត្រីមាស ប្រចាំឆ្នាំ ប្រចាំការងារសំខាន់ៗ ប្រចាំការងារស្របច្បាប់ ប្រចាំការងារស្របនីតិវិធី ប្រចាំការងារស្របនយោបាយ និង ប្រចាំការងារស្របនយោបាយសង្គម។

[illegible]

และ 1:3.5 โดยน้ำหนักปริมาณน้ำที่ใช้ผสมปูนเท่ากับ 0.35 และ 50%

ใช้กระดาษกรองชนิดขนาด 1 ไมครอน (ความละเอียด 105-115% ตามมาตรฐาน ASTM C109-

80

วันที่ ๒๔ เดือน กรกฎาคม พุทธศักราช ๒๕๖๑
หน้า ๑๒ จาก ๑๒ หน้า

หน้า 28 จาก 37

២៣. ការបង្កើនការងារស្រាវជ្រាវ និងការអភិវឌ្ឍន៍ ២៤. ការអភិវឌ្ឍន៍បច្ចេកវិទ្យា និងការអភិវឌ្ឍន៍ ២៥. ការអភិវឌ្ឍន៍បច្ចេកវិទ្យា និងការអភិវឌ្ឍន៍

โดยแผนภาพที่ 0 20 30 และ 40% อัตราส่วนหัวต่อหางของเพศผู้ต่อเพศเมียในไข่ 1:2 โดยแผนภาพ 1:2

และคุณสมบัติของวัสดุ 1 การทดสอบการดูดซับน้ำ 105-115% ตามมาตรฐาน ASTM C109-80 การ

ចក្ខុវិស័យប្រកបដោយសុភមង្គល ឆ្នាំ២០២២ ៩ ប្រភេទសកម្មភាព ប្រភេទសកម្មភាពប្រកបដោយសុភមង្គល

დას. 3, 7 და 28 მ.

[illegible]

ទំនាក់ទំនងរវាងសហគមន៍ក្នុងតំបន់ប្រជាជនកំពុងប្រសើរឡើង ២៧ ឆ្នាំកន្លងមក។ និមួយៗប្រជាជនក្នុងតំបន់កំពុងប្រសើរឡើង។

ระหว่าง 0.44 ถึง 0.56 อัตราส่วนน้ำหนักของคาร์บอนต่อออกซิเจนเท่ากับ 1:2 และปริมาณธาตุต่าง ๆ จะแตกต่างกัน

ต่อข้อมูลจากเอกสารของกรมการศึกษานานาชาติ พบว่าประเทศไทยมีค่าเฉลี่ย 30% นักเรียนต่างชาติ

วันที่ 3, 7 และ 28 ธันวาคม

[illegible][illegible]

๑. การเพิ่มผลผลิตของพืชไร่และปศุสัตว์ : ๒๕.๖๐ %
๒. การพัฒนาแหล่งน้ำเพื่อการเกษตร : ๓๔.๘๐ %
๓. การสร้างฝายกั้นน้ำเพื่อป้องกันน้ำท่วม : ๑๙.๗๐ %
๔. การปรับปรุงพันธุ์พืชและสัตว์ : ๑๖.๓๐ %

และด้วยเหตุนี้ข้าพเจ้าจึงขอเสนอแนะให้ท่านผู้ปกครองและผู้ที่เกี่ยวข้องกับโรงเรียนได้ร่วมกันหาแนวทางในการพัฒนาโรงเรียนให้มีความเป็นเลิศทางด้านวิชาการและคุณธรรมควบคู่กันไปด้วย

๒๕๖๓-๒๕๖๔

หน้าปกกระดาษ 48 หน้า มีภาพประกอบสวยงามโดยศิลปินไทยและต่างประเทศ รวม 100 ชิ้น จัดแสดงเป็นเวลา 48 ชั่วโมง

โมง หลังจากนั้นนำตัวอย่างทั้งหมดมาซึ่งน้ำหนักและเก็บไปแช่ในกรดไฮโดรคลอริกและกรดซัลฟูริกที่มีค่าความเข้มข้น 10% เป็นเวลา 30 วัน ต่อจากนั้น นำตัวอย่างที่เคยแช่ในน้ำครั้งแรกมาแช่ในน้ำอีกครั้งเป็นเวลา 48 ชั่วโมง ในทำนองเดียวกัน ตัวอย่างที่เคยอบในเตาอบครั้งแรกก็นำมาอบในเตาอบที่มีอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมงอีกครั้ง จากนั้นนำตัวอย่างมาซึ่งน้ำหนักอีกครั้งเพื่อหาค่าการสูญเสียน้ำหนัก

ผลการทดสอบและการวิจารณ์

คุณสมบัติของซีเมนต์จากกะลามะพร้าว ชังข้าวโพด และเปลือกถั่วลิสง

ซีเมนต์จากกะลามะพร้าวในเตาเผาจะมีสีเทาดำ ซีเมนต์สามารถผลิตได้ 2.8% โดยน้ำหนักของกะลามะพร้าวซึ่งหมายความว่า เมื่อใช้กะลามะพร้าวปริมาณ 25 กิโลกรัม สามารถผลิตซีเมนต์ได้เพียง 0.7 กิโลกรัม ภายใน 1 ชั่วโมงซีเมนต์จากชังข้าวโพดมีสีเทาดำและมีปริมาณ 1.43% ของชังข้าวโพดที่ยังไม่ได้เผา การเผาชังข้าวโพดปริมาณ 75 กิโลกรัม ต้องใช้เวลาถึง 2 ชั่วโมง ซีเมนต์จากเปลือกถั่วลิสงเผาจากเตาเผาที่มีลักษณะเป็นซีเมนต์สีน้ำตาล มีปริมาณ 12% โดยน้ำหนักของเปลือกถั่วลิสงที่ยังไม่ได้เผา เปลือกถั่วลิสงจะเผาประมาณ 45 กิโลกรัม ภายใน 5 ชั่วโมง อุณหภูมิการเผาตัวภายในเตาเผามีค่า 750 องศาเซลเซียส จะเห็นว่าผลผลิตซีเมนต์จากเปลือกถั่วลิสง มีปริมาณมากกว่าซีเมนต์จากกะลามะพร้าวและชังข้าวโพด คุณสมบัติทางเคมี และกายภาพของซีเมนต์ดังกล่าวแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งเปรียบเทียบกับซีเมนต์แกลบ, ซีเมนต์ฟางข้าว และซีเมนต์จากขาน้อย ดังแสดงในตารางที่ 2 และตารางที่ 3 แสดงการแบ่งแยกชนิดของซีเมนต์ตามมาตรฐาน ASTM

การวิเคราะห์ทางเคมีของซีเมนต์จากกะลามะพร้าว ชังข้าวโพด และเปลือกถั่วลิสง

ผลวิเคราะห์ทางเคมีของซีเมนต์ดังกล่าวทดสอบที่ บริษัทปูนซีเมนต์นครหลวง จำกัด ดังแสดงในตารางที่ 1 จากการวิเคราะห์เห็นว่าซีเมนต์จากกะลามะพร้าว ประกอบด้วยซิลิกา 25.68% แคลเซียมออกไซด์ 4.08% โปแตสเซียมออกไซด์ 31.23% แมกนีเซียมออกไซด์ 5.38% โซเดียมออกไซด์ 8.4% ค่าการสูญเสียเนื่องจากเผาไหม้เท่ากับ 29.80% ค่าความละเอียดมีค่า 2,823 ตารางเซนติเมตรต่อกรัม และค่าความถ่วงจำเพาะเฉลี่ยเท่ากับ 2.23

ซีเมนต์จากชังข้าวโพด มีซิลิกา 37.20% โปแตสเซียมออกไซด์ 37.09% แมกนีเซียมออกไซด์ 3.15% เฟอริกออกไซด์ 2.78% และแคลเซียมออกไซด์ 2.10% ค่าการสูญเสียเนื่องจากเผาไหม้เท่ากับ 16.18% ซึ่งมีค่าน้อยกว่าซีเมนต์จากกะลามะพร้าว ค่าความละเอียดมีค่า 1,036 ตารางเซนติเมตรต่อกรัม และค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 2.21

ซีเมนต์จากเปลือกถั่วลิสง มีซิลิกามากประมาณ 44.57% อลูมิเนียมออกไซด์ 15% เฟอริกออกไซด์ 7.56% และแคลเซียมออกไซด์ 7.69% มีปริมาณโปแตสเซียมออกไซด์น้อยมาก ค่าการสูญเสียเนื่องจากการเผาไหม้เท่ากับ 9.75% ค่าความละเอียด และค่าความถ่วงจำเพาะมีค่าเท่ากับ 5,292 ตารางเซนติเมตรต่อกรัม และ 2.56 ตามลำดับ

ตารางที่ 1

ส่วนประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพของซีเถ้าต่างๆ

ส่วนประกอบทางเคมี(%)	ซีเถ้าจาก กะลา มะพร้าว	ซีเถ้าจากซัง ข้าวโพด	ซีเถ้าจาก เปลือกถั่ว ลิสง	ปูนตรา เพชร
ซิลิคอนไดออกไซด์	25.68	37.26	44.57	21.30
อลูมิเนียมออกไซด์	1.74	1.09	15.12	4.96
เพอร์ริกออกไซด์	2.65	2.78	7.56	3.10
แคลเซียมออกไซด์	4.08	2.10	7.69	66.61
แมกนีเซียมออกไซด์	5.38	3.15	1.65	1.81
โซเดียมออกไซด์	8.40	0.04	0.12	0.21
โปแตสเซียมออกไซด์	31.23	37.09	6.06	0.50
ซัลเฟต	0.71	0.75	1.10	2.72
คลอไรด์	0.61	0.12	-	-
แมงกานีสออกไซด์	0.05	0.08	0.27	-
การสูญเสียเนื่องจากการเผาไหม้	29.80	16.18	9.75	0.74
คุณสมบัติทางกายภาพ				
- มีค่าความละเอียด ตารางเชินติเมตร/กรัม	2,823	1,036	5,292	3,028
- ค่าความถ่วงจำเพาะ	2.23	2.21	2.56	3.13
- เปอร์เซนต์ผ่านตะแกรงเบอร์ 325 (%)	99.40	66.80	95.80	85.20

ตารางที่ 2

การเปรียบเทียบส่วนประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพของซีเมนต์ต่างๆ

ส่วนประกอบทางเคมี(%)	ซีเมนต์ จาก กะลา มะพร้าว	ซีเมนต์ จากขี้ ขาวโพด	ซีเมนต์ จาก เปลือก ถั่วลิสง	ซีเมนต์ จากขี้ อ้อย	ซีเมนต์ จาก แกลบ	ซีเมนต์ จากฟาง ข้าว
ซิลิคอนไดออกไซด์	25.68	37.26	44.57	65.8	92.05	65.94
อลูมิเนียมออกไซด์	1.74	1.09	15.12	5.5	0.94	0.99
เฟอริกออกไซด์	2.65	2.78	7.56	3.3	0.81	0.65
แคลเซียมออกไซด์	4.08	2.10	7.69	4.2	0.27	4.27
แมกนีเซียมออกไซด์	5.38	3.15	1.65	1.7	0.27	1.97
โซเดียมออกไซด์	8.40	0.04	0.12	0.6	0.06	0.23
โปแตสเซียมออกไซด์	31.23	37.09	6.06	7.5	1.72	11.66
ซัลเฟต	0.71	0.75	1.10	2.0	0.13	0.45
คลอไรด์	0.61	0.12	-	-	-	-
แมงกานีสออกไซด์	0.05	0.08	0.27	-	-	-
การสูญเสียเนื่องจากการเผาไหม้	29.80	16.18	9.75	9.4	3.19	13.46
คุณสมบัติทางกายภาพ						
- มีค่าความละเอียด ซม. ² /กรัม	2,823	1,036	5,292	3.2	18-20	15
- ค่าความถ่วงจำเพาะ	2.23	2.21	2.56	15,040	14,300	12,860
- เปอรเซ็นต์ผ่านตะแกรงเบอร์ 325(%)	99.40	66.80	95.80	2.31	2.09	2.24

จากตารางที่ 1 เห็นว่า ชี้เถ้าจากเปลือกถั่วลิสงมีปริมาณซิลิกา อลูมิเนียมออกไซด์ เพอริกออกไซด์ และแคลเซียมออกไซด์ มากกว่าชี้เถ้าจากกะลามะพร้าวและชี้เถ้าจากขังข้าวโพด ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักที่ทำให้ซีเมนต์เจลงแข็งตัวมากกว่าชี้เถ้าจากกะลามะพร้าวและขังข้าวโพด ซีเมนต์เจลงแข็งตัวเป็นองค์ประกอบของไตรแคลเซียมซิลิเกต ไดแคลเซียมซิลิเกต ไตรแคลเซียมอลูมิเนต และเตตระแคลเซียมอลูมิโนเฟอไรต์ ในชี้เถ้าทั้งสามอย่าง ชี้เถ้าจากเปลือกถั่วลิสง จะมีปริมาณสารอื่นๆ เล็กน้อย เช่น ปริมาณแมกนีเซียมออกไซด์ แมงกานีสออกไซด์ โพแทสเซียมออกไซด์ โซเดียมออกไซด์ ซัลเฟอร์ออกไซด์ และคลอไรด์ จากหลักทฤษฎี (Neville, 1986) มีองค์ประกอบหลัก 2 อย่างคือ ออกไซด์ของโซเดียม และโพแทสเซียม (หรืออัลคาไลส์) ซึ่งพบว่าสามารถทำปฏิกิริยากับมวลคลေးได้ ผลดังกล่าวทำให้คอนกรีตเกิดการสลายตัว โดยสังเกตจากผลกระทบที่มีต่ออัตราการพัฒนากำลัง ดังนั้น จึงมีอันตรายต่อซีเมนต์อย่างมาก จากตารางดังกล่าวจะเห็นว่า ชี้เถ้าจากเปลือกถั่วลิสงมีปริมาณอัลคาไลส์น้อยกว่าอีกสองแหล่ง การสูญเสียเนื่องจากการเผาไหม้มีผลกระทบต่อ การเพิ่มขึ้นของกำลังซีเมนต์ เมื่อมีการสูญเสียเนื่องจากการเผาไหม้มาก จะทำให้กำลังซีเมนต์ลดลง ชี้เถ้าจากเปลือกถั่วลิสงจะมีคุณสมบัติที่ดีกว่าชี้เถ้าจากกะลามะพร้าวและขังข้าวโพด เนื่องจากค่าพื้นที่ผิวจำเพาะของชี้เถ้าจากเปลือกถั่วลิสงจะมีปริมาณมาก ทำให้มีความยึดเหนี่ยวและความสามารถในการเทได้ของคอนกรีตสูงกว่าอีกสองแหล่งข้างต้น ถ้าเปรียบเทียบผลของชี้เถ้าจากเปลือกถั่วลิสงกับชี้เถ้าชนิดอื่นๆ เห็นว่าชี้เถ้านี้จะมีปริมาณซิลิกาน้อยกว่าชี้เถ้าแกลบ ชี้เถ้าจากฟางข้าวและชี้เถ้าจากขาน้อย แต่หาปริมาณซิลิกามากกว่าชี้เถ้าลอย เมื่อสังเกต ปริมาณอลูมิเนียมออกไซด์ เพอริกออกไซด์ และแคลเซียมออกไซด์ จะเห็นว่าชี้เถ้าจากเปลือกถั่วลิสงจะมีปริมาณมากกว่า นอกจากนี้ยังมีการสูญเสียเนื่องจากการเผาไหม้สูงกว่าแหล่งอื่น ยกเว้นชี้เถ้าจากฟางข้าว ดังแสดงในตารางที่ 2

ดัชนีกำลังเมื่อเทียบกับซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

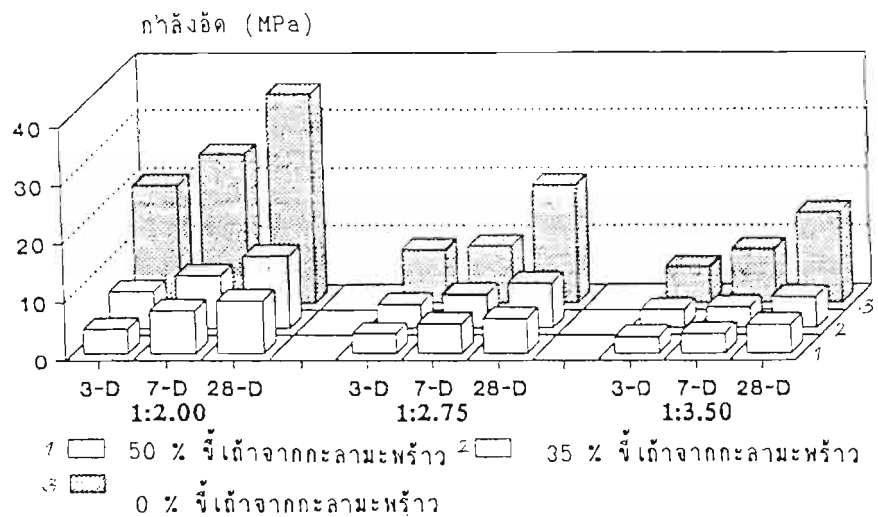
ผลทดสอบแสดงว่าดัชนีกำลังของชี้เถ้าจากเปลือกถั่วลิสงเมื่อเทียบกับซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ที่ 28 วัน มีค่าเท่ากับ 95.02% และความต้องการน้ำเท่ากับ 99.6% สังเกตได้ว่าการใช้ชี้เถ้าจากเปลือกถั่วลิสงสามารถลดปริมาณน้ำได้ ดัชนีกำลังของชี้เถ้าดังกล่าวนี้ เมื่อทดสอบเทียบกับซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ที่อายุ 3 และ 7 วัน ได้ค่าเท่ากับ 117.34% และ 106.40% ตามลำดับ ผลแสดงดังตารางที่ 4 ชี้เถ้าจากเปลือกถั่วลิสงจะให้กำลังเริ่มต้นสูง เมื่อเทียบกับซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ที่อายุ 3 และ 7 วัน แต่จะต่ำลงเมื่ออายุ 28 วัน สาเหตุที่ค่าเริ่มต้นสูง เพราะมีปริมาณอลูมิเนียมออกไซด์สูง ตามหลักทฤษฎี (Neville, 1986) ซึ่งเป็นธรรมชาติของซีเมนต์ที่มีอลูมินาสูงจะมีอัตราการพัฒนากำลังสูงมาก ทั้งนี้เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันของแคลเซียมอลูมิเนต (CA) มีผลให้เกิดผลิตภัณฑ์ CAH_{10} และ C_2AH_8 อีกทั้งอลูมินา เจล ($Al_2O_3 \cdot ag$) ค่าดัชนีกำลังของชี้เถ้าจากขังข้าวโพดที่ 28 วัน เมื่อเทียบกับซีเมนต์ปอร์ตแลนด์มีค่าเท่ากับ 38.96% และความต้องการน้ำเท่ากับ 102.4% ดังแสดงในตารางที่ 4 การใช้ชี้เถ้าดังกล่าวในซีเมนต์ปอร์ตแลนด์จะเพิ่มปริมาณความต้องการน้ำ ดัชนีกำลังของชี้เถ้าดังกล่าวนี้ เมื่อทดสอบเทียบกับซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ที่อายุ 3 และ 7 วัน ได้ค่าเท่ากับ 39.69% และ 43.08% ตามลำดับ สาเหตุที่ทำให้กำลังอัดเมื่อใส่ชี้เถ้าจากขังข้าวโพดของมอร์ต้าต่ำลง เนื่องจากมีปริมาณอัลคาไลส์และค่าการสูญเสียเนื่องจากการเผาไหม้สูง

เวลาการก่อตัว

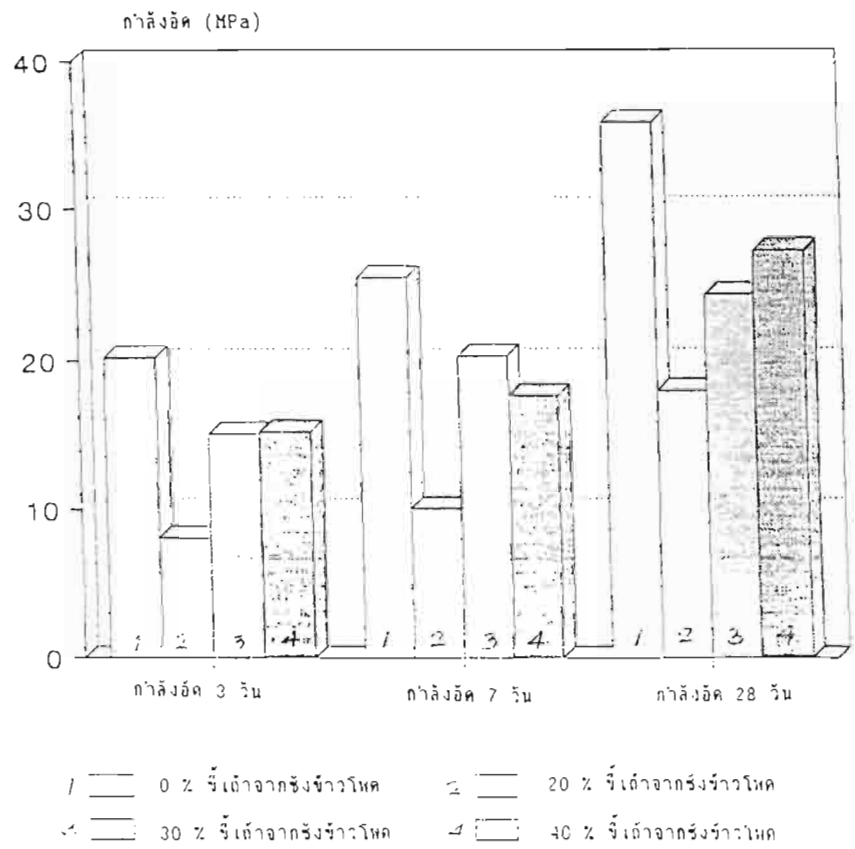
เวลาการก่อตัว เป็นการอธิบายถึงการแข็งตัวของซีเมนต์เพสต์ ซึ่งอ้างอิงถึงการเปลี่ยนแปลงสภาพไหลเป็นสภาพแข็งตัว การทดสอบนี้ จะทดสอบซีเมนต์ธรรมดา และซีเมนต์ที่มีซีเมนต์จากเปลือกถั่วลิสงผสมอยู่ 30% แต่ซีเมนต์จากกะลามะพร้าวและซังข้าวโพดจะไม่พิจารณา เนื่องจากให้ค่ากำลังอัดต่ำ ดังแสดงในรูปที่ 1 และ 2 ปริมาณน้ำต้องการสำหรับความสามารถในการเทได้ของซีเมนต์เพสต์ธรรมดาในงานวิจัยคือ 32.6% ขณะที่ซีเมนต์เพสต์ผสมซีเมนต์จากเปลือกถั่วลิสง จะมีค่าเท่ากับ 27.7% เวลาการก่อตัวเริ่มต้นและสุดท้ายของซีเมนต์ธรรมดา คือ 2 ชั่วโมง 31 นาที และ 5 ชั่วโมง 50 นาที ตามลำดับ ในกรณีของซีเมนต์เพสต์ที่ผสมซีเมนต์จากเปลือกถั่วลิสงมีค่า 2 ชั่วโมง และ 4 ชั่วโมง 50 นาที ตามลำดับ จะเห็นว่าเวลาการก่อตัวเริ่มต้น และสุดท้ายของซีเมนต์ผสมซีเมนต์จากเปลือกถั่วลิสงจะต่ำกว่าซีเมนต์ธรรมดา ดังแสดงในรูปที่ 3 และ 4 ตามลำดับ

การแบ่งแยกชนิดวัสดุผสมซีเมนต์ของซีเมนต์จากกะลามะพร้าว ซังข้าวโพด และเปลือกถั่วลิสง

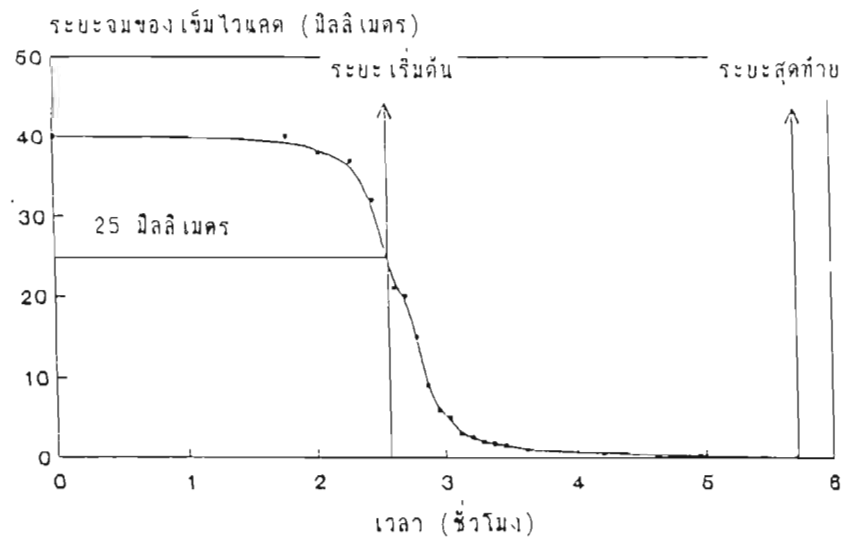
เนื่องจากค่ากำลังอัดต่ำ และค่าสูญเสียเนื่องจากการเผาไหม้สูง ทำให้ซีเมนต์จากกะลามะพร้าวไม่ได้นำมาพิจารณา จากตารางที่ 3 ซีเมนต์จากซังข้าวโพด และเปลือกถั่วลิสง เมื่อพิจารณาค่าการสูญเสียเนื่องจากการเผาไหม้ และปริมาณซิลิกา อลูมิเนียมออกไซด์ และเฟอร์ริกออกไซด์ เปรียบเทียบกับมาตรฐาน จะพบว่า ซีเมนต์จากซังข้าวโพดจะเป็นวัสดุผสมซีเมนต์ชนิด F ในขณะที่ซีเมนต์จากเปลือกถั่วลิสงจะเป็นวัสดุผสมซีเมนต์ชนิด N



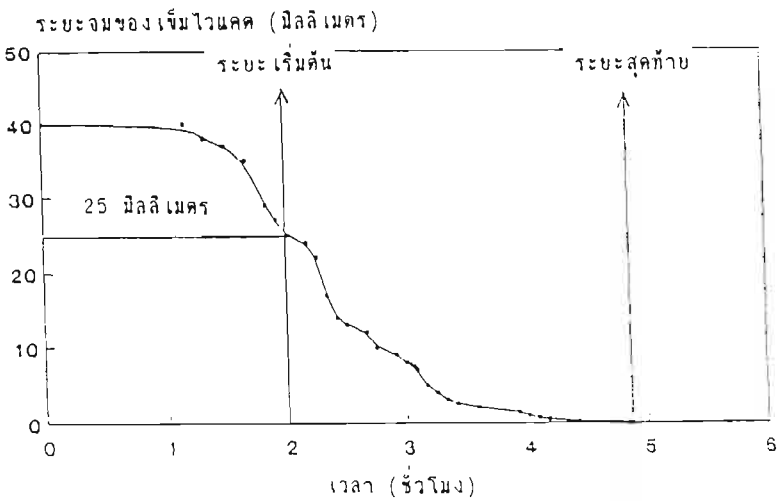
รูปที่ 1 การแปรค่ากำลังอัดของมอร์ต้าผสมซีเมนต์จากกะลามะพร้าว



รูปที่ 2 การแปรค่ากําลังอัดของมอร์ต้าผสมซีเมนต์จากขี้เถ้าขาวโพล



รูปที่ 3 สภาพการแข็งตัวของซีเมนต์เพสต์ธรรมดา



รูปที่ 4 สภาพการแข็งตัวของซีเมนต์เพสต์ผสมซีเมนต์จากเปลือกถั่วลิสง 30%

ตารางที่ 3

การเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของซีเมนต์จากกะลามะพร้าว, ชั่งข้าวโพด และเปลือกถั่วลิสง เทียบกับมาตรฐาน ASTM

คุณสมบัติทางเคมี	วัสดุผสมซีเมนต์			ซีเมนต์จาก	ซีเมนต์จาก	ซีเมนต์จาก
	ประเภท			กะลา	ชั่งข้าว	เปลือกถั่ว
				มะพร้าว	โพด	ลิสง
	N	F	C			
- ปริมาณความชื้นมากที่สุด, %	3	3	3	-	-	-
- การสูญเสียเนื่องจากการเผาไหม้มากที่สุด, %	10	12	6	29.80	16.18	9.75
- ปริมาณซิลิคอนไดออกไซด์ กับ อลูมิเนียมออกไซด์ กับเฟอริกออกไซด์น้อยที่สุด, %	70	70	50	30.07	41.13	67.25
- ซัลเฟตมากที่สุด, %	4	5	5	0.71	0.75	1.10
- แมงกานีสออกไซด์มากที่สุด, %	5	5	5	5.38	3.15	1.65
- โซเดียมออกไซด์มากที่สุด, %	1.5	1.5	1.5	8.40	0.04	0.12
คุณสมบัติทางกายภาพ						
- ความละเอียด : ปริมาณที่ค้ำตะแกรงเบอร์ 325มากที่สุด, %	34	34	34	0.60	33.20	4.20
- ค่าดัชนีกำลังเทียบกับซีเมนต์ ปอร์ตแลนด์ที่อายุ 28 วัน อย่างน้อยที่สุด, %	75	75	75	-	38.96	95.02
- ความต้องการน้ำมากที่สุด, %	115	105	105	-	102.5	99.6

ตารางที่ 4
ดัชนีกำลังเมื่อเทียบกับซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

อายุ	ชนิดของมอร์ต้า	กำลังอัด (MPa)	ดัชนีกำลัง (%)
3 วัน	ธรรมดา	18.34	100
	ผสมซีเมนต์จากเปลือกถั่วลิสง	21.52	117.34
	ผสมซีเมนต์จากขี้เถ้าข้าวโพด	7.28	39.69
7 วัน	ธรรมดา	23.28	100
	ผสมซีเมนต์จากเปลือกถั่วลิสง	24.77	106.40
	ผสมซีเมนต์จากขี้เถ้าข้าวโพด	10.03	43.08
28 วัน	ธรรมดา	30.11	100
	ผสมซีเมนต์จากเปลือกถั่วลิสง	28.61	95.02
	ผสมซีเมนต์จากขี้เถ้าข้าวโพด	11.73	38.96

คุณสมบัติของมอร์ต้าผสมซีเมนต์จากกะลามะพร้าว ขี้เถ้าข้าวโพด และเปลือกถั่วลิสง

กำลังอัดของมอร์ต้าผสมซีเมนต์จากกะลามะพร้าว

จากรูปที่ 1 จะเห็นว่าเมื่อใส่ซีเมนต์จากกะลามะพร้าวในซีเมนต์มอร์ต้า จะมีผลกระทบอย่างมากต่อค่ากำลังอัดพิจารณาอายุ และอัตราส่วนวัสดุผสมซีเมนต์ต่อทราย พบว่ากำลังอัดของมอร์ต้าที่ผสมซีเมนต์ปริมาณ 35% หรือ 50% จะต่ำกว่ามอร์ต้าธรรมดา กำลังอัดที่อายุ 28 วัน ของมอร์ต้าผสมซีเมนต์นี้ 35% และใช้อัตราส่วนวัสดุซีเมนต์ต่อทราย 1:2 จะต่ำกว่ามอร์ต้าธรรมดาที่ใช้วัสดุผสมซีเมนต์ต่อทรายเท่ากับ 1:3.5 ที่อายุเดียวกัน จะเห็นว่าซีเมนต์ดังกล่าวนี้จะมีคุณภาพด้อยกว่าทราย และยังมีผลในแง่ลบต่อซีเมนต์มอร์ต้า อีกทั้งยังไม่สามารถเพิ่มค่ากำลังอัดได้ ทั้งนี้เนื่องจากซีเมนต์ไม่เปอร์เซ็นต์ของการสูญเสียเนื่องจากการเผาไหม้สูง ดังแสดงในตารางที่ 1 อีกสาเหตุหนึ่งก็คือ มีปริมาณแอลคาไลน์สูงด้วย ดังนั้น ซีเมนต์จากกะลามะพร้าวจึงไม่เหมาะในการประยุกต์ใช้เป็นวัสดุผสมซีเมนต์

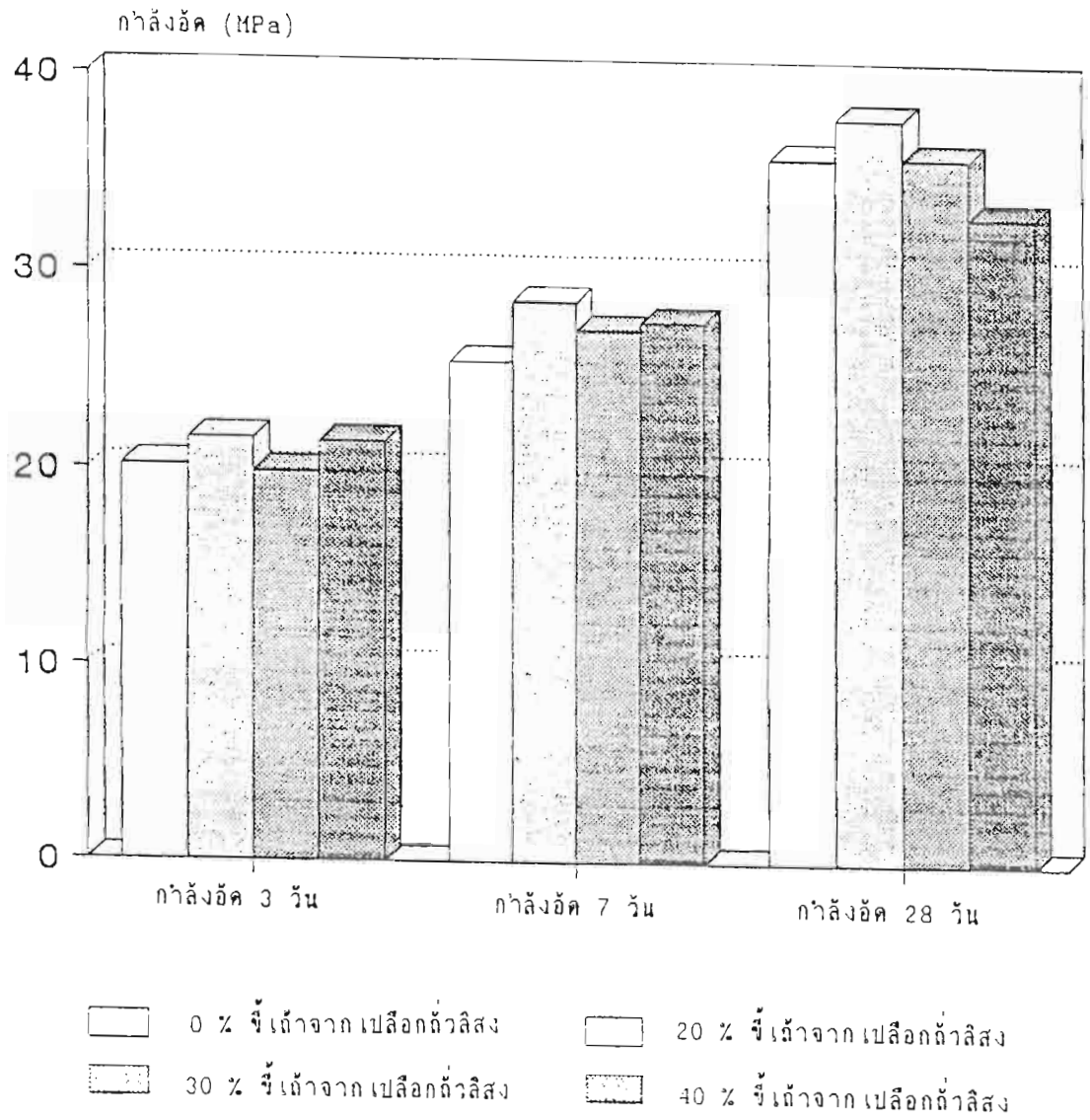
กำลังอัดของมอร์ต้าผสมซีเมนต์จากขี้เถ้าข้าวโพด

ผลกำลังอัดของมอร์ต้าผสมซีเมนต์จากขี้เถ้าข้าวโพดแสดงในรูปที่ 2 ที่อายุครบ 3 วัน มอร์ต้าผสมกับซีเมนต์จากขี้เถ้าข้าวโพดปริมาณ 20% จะให้ค่ากำลังอัดต่ำสุด และมีค่าประมาณ 40% เมื่อเทียบกับมอร์ต้าธรรมดา มอร์ต้าที่ผสมซีเมนต์นี้ปริมาณ 40% จะให้ค่ากำลังอัดสูงสุด แต่เมื่อเทียบกับมอร์ต้าธรรมดา จะมีค่าประมาณ 75% ที่อายุ 7 วัน มอร์ต้าผสมซีเมนต์นี้ 30% จะให้กำลังอัดสูงสุด เมื่อเทียบกับมอร์ต้าธรรมดามีค่า

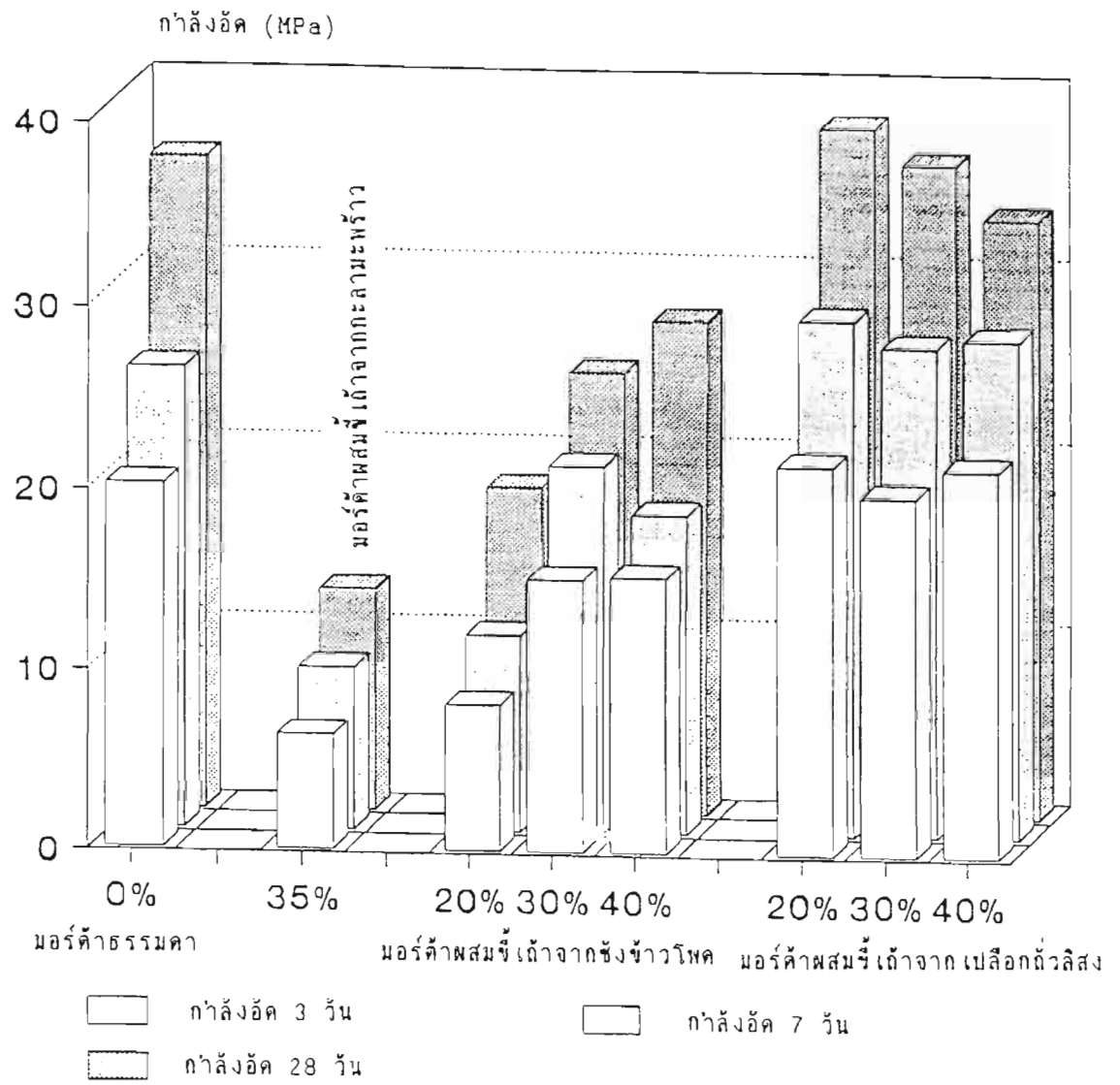
លេខ: ០១/២០២៤

[illegible]

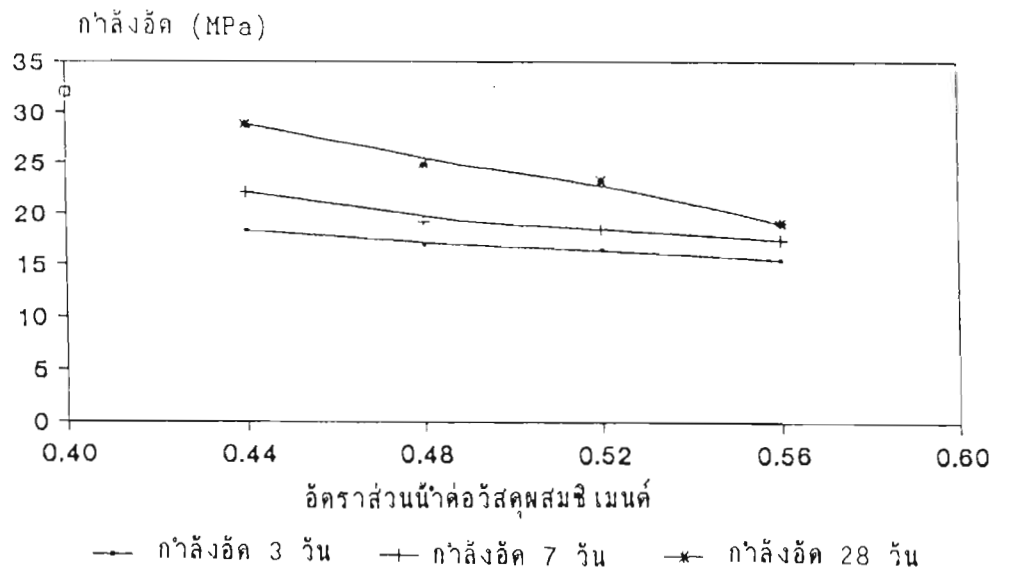
รูปที่ 7 แสดงถึงภาพการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตามของตัวแปรต้นจากช่วงอายุ 3.7 และ 28 ปี ของแม่ท้องที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 30% และอัตราส่วนที่วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในช่วงระหว่าง 0.44 ถึง 0.56 พบว่า ค่าการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตามของตัวแปรต้นจากการศึกษาจากช่วงอายุ 3.7 และ 28 ปี มีค่าแตกต่างกันเล็กน้อย โดยค่าการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตามของตัวแปรต้นจากการศึกษาจากช่วงอายุ 3.7 มีค่าการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตามของตัวแปรต้นจากการศึกษาจากช่วงอายุ 0.44 ส่วนค่าการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตามของตัวแปรต้นจากการศึกษาจากช่วงอายุ 28 มีค่าการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตามของตัวแปรต้นจากการศึกษาจากช่วงอายุ 0.44



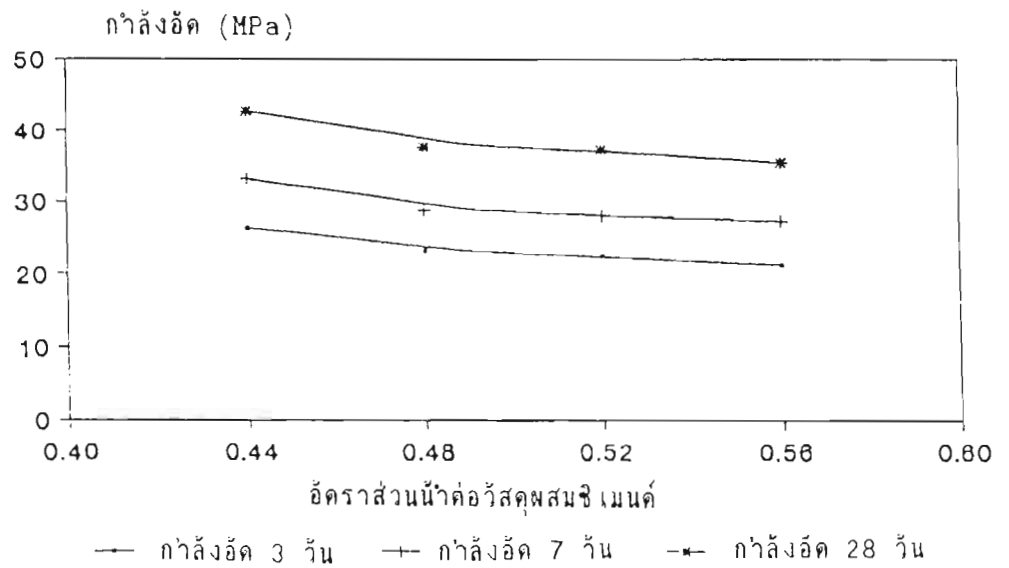
รูปที่ 5 การแปรค่ากำลังอัดของมอร์ต้าผสมซีเมนต์จากเปลือกถั่วลิสง



รูปที่ 6 การเปรียบเทียบกำลังอัดของมอร์ต้าผสมซีเมนต์ต่างๆ



รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังอัดกับอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ของมอร์ต้าผสมซีเมนต์จากขี้เถ้าจากขี้ข้าวโพด



รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังอัดกับอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ของมอร์ต้าผสมซีเมนต์จากเปลือกถั่วลิสง

ความต้านทานต่อสภาพกรดซัลฟูริก

จากตารางที่ 5 ค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของมอร์ต้าต่างๆ ถูกบันทึกไว้หลังจากแช่ในกรดซัลฟูริกเป็นเวลา 30 วัน พบว่า ลำดับความต้านทานต่อสภาพกรดซัลฟูริกของมอร์ต้าต่างๆ มีค่าเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ดังนี้ 1. มอร์ต้าผสมซีเมนต์จากขังข้าวโพด 2. มอร์ต้าธรรมดา 3. มอร์ต้าผสมซีเมนต์จากเปลือกถั่วลิสง 4. มอร์ต้าผสมซีเมนต์จากเปลือกถั่วลิสง แนวโน้มดังกล่าวยังคงใช้ได้ในการนิมอร์ต้าที่อยู่ในสภาพอบแห้ง อย่างไรก็ตาม ในสภาพอบแห้งมอร์ต้าจะมีความทนทานต่อสภาพกรดซัลฟูริกมากกว่ามอร์ต้าที่สภาพอิมมัตวิวแห้ง ทั้งนี้ เพราะในสภาพอบแห้งเป็นการเร่งปฏิกิริยาไฮเดรชัน และปฏิกิริยาการรวมตัวของซิลิกา และแคลเซียมไดออกไซด์ ทำให้มีสภาพทนทานต่อกรดซัลฟูริกสูง

ตารางที่ 5
การสูญเสียน้ำหนักของมอร์ต้าชนิดต่างๆเมื่อแช่ในกรดไฮโดรคลอริกและกรดซัลฟูริก

สภาพภาพของ ตัวอย่างมอร์ต้า	ชนิดของมอร์ต้า	การสูญเสียน้ำหนัก (%)	
		ชนิดของกรดที่มีความเข้มข้น 10 %	
		ไฮโดรคลอริก	ซัลฟูริก
สภาพอิมมัตวิวแห้ง	ธรรมดา	5.23	73.74
	ผสมซีเมนต์จากเปลือกถั่วลิสง	4.26	48.59
	ผสมซีเมนต์จากขังข้าวโพด	8.94	46.26
	ผสมซีเมนต์จากขังข้าวโพด	15.04	75.46
สภาพอบแห้ง	ธรรมดา	2.07	52.75
	ผสมซีเมนต์จากเปลือกถั่วลิสง	0.42	46.53
	ผสมซีเมนต์จากขังข้าวโพด	5.24	24.83
	ผสมซีเมนต์จากขังข้าวโพด	4.18	62.12

ความต้านทานต่อสภาพกรดไฮโดรคลอริก

จากตารางที่ 5 พบว่า ลำดับความต้านทานต่อสภาพกรดไฮโดรคลอริกของมอร์ต้าต่างๆ มีเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ 1. มอร์ต้าของซีเมนต์จากขังข้าวโพด 2. มอร์ต้าผสมซีเมนต์จากเปลือกถั่วลิสง 3. มอร์ต้าธรรมดา 4. มอร์ต้าผสมซีเมนต์จากเปลือกถั่วลิสง จะเห็นได้ว่ามอร์ต้าที่ผสมซีเมนต์จากเปลือกถั่วลิสงจะมีคทนต่อสภาพกรดไฮโดรคลอริกได้ดีที่สุด ทั้งนี้เนื่องจาก ซีเมนต์จากเปลือกถั่วลิสง มีปริมาณซิลิกาสูง ซึ่งสามารถลดปริมาณแคลเซียมไฮดรอกไซด์อิสระในการ

៥ អ្នកស្រាវជ្រាវបានស្នើសុំ ការប្រកាសឱ្យប្រើប្រាស់ក្នុងការស្រាវជ្រាវ

សេចក្តីប្រកាសនេះមានឥទ្ធិពលចាប់ពីថ្ងៃចុះហត្ថលេខាតទៅ។

- [illegible]

เอกสารอ้างอิง

1. Daladar, T.U. 1993. ***Use of Coconut Husk Ash, Corn Cob Ash and Peanut Shell Ash as Pozzolana***. M.Eng. Thesis No. ST-93-4, AIT., Bangkok.
2. Islam, S. 1981. ***Grinding Methods and Their Effects on Reactivity of RHA***. M.Eng. Thesis No. ST-81-7, AIT., Bangkok.
3. Neville, A.M. 1986. ***Properties of Concrete***. Pitman Publishing Ltd., Third Edition, London.
4. We, A.B. 1981. ***Production of RHA and Its Application in Mortar and Concrete***. M. Eng. Thesis No. ST-81-20, AIT., Bangkok.