Princess of Naradhiwas University Journal

สัมประสิทธิ์กำลังอัดของคอนกรีตตามลักษณะการบ่ม งานถนนผิวจราจรแบบคอนกรีต

The Coefficient of Compression Strength of Concrete using various type of curing Rigid Pavement

ปรีชา สะแลแม ค.อ.ม.โยธา (Preecha Salaemae, M.S.Tech.Ed.)[1]

บทคัดย่อ

ตามมาตรฐาน สถ.- มถ.- 027 มาตรฐานงานผิวจราจรแบบคอนกรีต ของกรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น ได้กำหนดวิธีการบ่มคอนกรีตงานถนน 4 ลักษณะคือ ใช้กระสอบป่านคลุมรดน้ำให้ชุ่ม ใช้น้ำขังเหนือผิวหน้าคอนกรีตไม่น้อยกว่า 5 เซนติเมตร ใช้ทรายสะอาดหนา 5 เซนติเมตร คลุมรดน้ำให้ชุ่ม และใช้น้ำยาบ่มคอนกรีต ตามมาตรฐาน ASTM C309-74 (Type 2) พ่นเคลือบทับผิวหน้าคอนกรีต 2 ชั้น ซึ่งจะแตกต่างกับการบ่มคอนกรีตมาตรฐาน ที่ใช้วิธีการแช่น้ำตลอดอายุของการทดสอบ ดังนั้นการวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบและหาค่าสัมประสิทธิ์กำลังอัดของคอนกรีต ตามลักษณะการบ่ม ของงานถนนผิวจราจรแบบคอนกรีต กับกำลังอัดของคอนกรีตบ่มมาตรฐาน

วิธีดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ ออกแบบกำลังอัดคอนกรีตก้อนตัวอย่างรูปทรงลูกบาศก์ ขนาด 15x15x15 เซนติเมตร ที่อายุการบ่ม 28 วัน เท่ากับ 240 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร โดยเก็บตัวอย่างตามลักษณะการบ่ม 4 ลักษณะ จำนวนลักษณะละ 18 ตัวอย่าง และแบ่งทำการทดสอบ 3 ชุดๆละ 6 ตัวอย่างเพื่อทำการทดสอบกำลังอัดที่อายุ 7 วัน ตามลักษณะการบ่ม ที่อายุ 14 และ 28 วัน ตามสภาวะแวดล้อม ส่วนการบ่มมาตรฐานทำการทดสอบกำลังอัดที่อายุ 7 ,14 และ 28 วัน โดยทำการบ่มตลอดอายุการทดสอบ

จากผลการวิจัยสรุปได้ว่าลักษณะการบ่มทั้ง 4 ลักษณะ เมื่อทำการเปรียบเทียบกับการบ่มมาตรฐาน กำลังอัดคอนกรีตที่อายุ 28 วัน จะมีค่าต่ำกว่า โดยมีความแตกต่างร้อยละ 4.46 ถึง ร้อยละ 8.14 ดังนั้นเพื่อให้ได้ค่ากำลังอัดคอนกรีตงานถนน ตามที่ออกแบบไว้ ควรมีค่ากำลังอัดคอนกรีตบ่มมาตรฐาน ที่อายุ 28 วัน เท่ากับกำลังอัดคอนกรีตที่ออกแบบคูณด้วยสัมประสิทธิ์สูงสุด 1.0814

คำสำคัญ : สัมประสิทธิ์ กำลังอัด การบ่ม งานถนนคอนกรีต

[1] อาจารย์ วิทยาลัยเทคนิคนราธิวาส มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์

ABSTRACT

The Department of Local Development Administration set up four types of experiments to find a coefficient using different ways of curing concrete other than the ATSM 28 day standard for the "Process Curing Time on Rigid Pavement". The four experiments were; 1) cure by covering the top of the rigid pavement with burlap bags and watering them, 2) cure by covering the top of the rigid pavement with water (as in a pond) within a range of 5 centimeters from the surface, 3) cure by covering the top of the rigid pavement with sand within a range of 5 centimeters from the surface and water it, 4) cure by coating the rigid pavement with a concrete curing chemical. This research was aimed to study the strategies of curing time comparison and finding the coefficient of compressive strength by using the four types of experiments against the standard curing method to reach the 260 kilograms per square centimeter compressive strength of 28 days as per ASTM.

The research procedure included the design of compressive strength concrete at 240 kilograms per square centimeter in the form of a cube with the size of 15X15X15 centimeters. Data was collected from the four experiments. Each experiment had a sample size of 18 that was divided into 3 sets of 6. Set number one for each experiment was tested at 7days for compressive strength development, set number two for each experiment was tested at 14 days for compressive strength development and set number three for each experiment was tested at 28 days for the actual compressive strength.

It can be concluded, that all four strategies of curing concrete on the rigid pavement test results compared to that of the 28 day standard cure compressive strength. There was a difference of 4.46 to 8.14 percent below the standard compressive strength value. Thus, the 28 days of curing test would be approached to the standard curing method of compressive strength of concrete and it should be equal to the compressive strength of concrete designed by a multiple of 1.0814 as the coefficient.

Keywords: coefficient, compressive strength, curing, rigid pavement.

บทนำ

ปัจจุบันหน่วยงานที่มีบทบาทสำคัญในการพัฒนาชุมชนคือ องค์การบริหารส่วนตำบล กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น กระทรวงมหาดไทย โดยภาระหน้าที่หลักขององค์การบริหารส่วนตำบลนั้นมีอยู่หลายประการ เช่น การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานระบบสาธารณูปโภค การส่งเสริมพัฒนาอาชีพ การบริการชุมชนและด้านอื่นๆ ในการ พัฒนาโครงสร้างพื้นฐานระบบสาธารณูปโภค เช่น การก่อสร้างถนน โดยทั่วไปถนนที่ทำการก่อสร้างจะเป็นงานถนนผิวจราจรแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก เพื่อให้งานถนนผิวจราจรแบบคอนกรีตมีคุณภาพและได้มาตรฐาน กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น กระทรวงมหาดไทย จึงมีการกำหนดมาตรฐานถนน ทางเดินและทางเท้า เพื่อกำหนดมาตรฐานวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง มาตรฐานวิธีการก่อสร้าง เป็นคู่มือในการปฏิบัติงาน และจากมาตรฐานสถ.-มถ.-027มาตรฐานงานผิวจราจรแบบคอนกรีต ในขั้นตอนของการก่อสร้างได้กำหนดไว้ว่าเมื่อแต่งผิวคอนกรีตเสร็จแล้วเมื่อพ้นระยะเวลา 24 ชั่วโมง หรือคอนกรีตแข็งตัวแล้วจะต้องดำเนินการบ่มด้วยวิธีใดวิธีหนึ่งดังต่อไปนี้

1) ใช้กระสอบป่าน 2 ชิ้นวางทับเหลื่อมกัน ไม่น้อยกว่า 25 เซนติเมตร รดน้ำให้ชุ่มตลอดเวลานาน 7 วัน

2) ใช้น้ำสะอาดบ่ม โดยก่อขอบให้มีน้ำขังอยู่เหนือผิวหน้าคอนกรีต ไม่น้อยกว่า 5 เซนติเมตร ตลอดเวลาต่อเนื่องกัน 7 วัน

3) ใช้ทรายสะอาดคลุมให้ทั่วผิวหน้าคอนกรีตหนา 5 เซนติเมตร รดน้ำให้ชุ่มตลอดเวลาต่อเนื่องกัน 7 วัน

4) ใช้น้ำยาบ่มคอนกรีต (Curing Compound) ที่มีคุณสมบัติตามมาตรฐาน ASTM C309 - 74 หรือ AASHTO 148-70 พ่นเคลือบทับผิวหน้าคอนกรีต 2 ชั้น (มาตรฐาน ถนน ทางเดินและทางเท้า: กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น กระทรวงมหาดไทย) ในขณะเดียวกันการบ่มคอนกรีตมาตรฐานจะใช้วิธีการแช่น้ำตลอดอายุของการทดสอบ จากการเปรียบเทียบกำลังอัดคอนกรีตโดยการบ่มด้วยวิธีการแช่น้ำการใช้กระสอบคลุม การใช้พลาสติกหุ้ม และการบ่มด้วยสารเคมี ค่าเฉลี่ยกำลังอัดสูงสุดของตัวอย่างแท่งคอนกรีต ที่ทำการบ่มโดยวิธีต่างๆ ทั้ง 4 วิธีนั้น สรุปได้ว่าหากต้องการบ่มคอนกรีตให้ได้กำลังอัดของคอนกรีตสูงในระยะแรกช่วง 7-14 วัน ควรเลือกการบ่มคอนกรีต โดยวิธีบ่มด้วยสารเคมี และถ้าหากต้องการบ่มคอนกรีตให้ได้กำลังอัดคอนกรีตสูงในระยะหลังช่วง 21-28 วัน ควรเลือกการบ่มคอนกรีตโดยวิธีการหุ้มด้วยพลาสติก (ธวัชชัย อุดมอารยะ, 2549) และเมื่อทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของน้ำยาบ่มคอนกรีตกับการบ่มในอากาศบ่มในน้ำ บ่มในสภาพความชื้น และห่อหุ้มด้วยแผ่นพลาสติกบาง ผลปรากฏว่า เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำของน้ำยาบ่มคอนกรีตเกือบทั้งหมดใกล้เคียงกับการบ่มในอากาศธรรมดา และค่ากำลังอัดคอนกรีตที่วัดได้ก็สะท้อนแนวโน้มในลักษณะเดียวกัน เมื่อนำน้ำยาบ่มคอนกรีตไปทดสอบความสามารถในการกักน้ำ ตามวิธีการมาตรฐานที่กำหนดของสำนักงานผลิตภัณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรม (ASTM C 156) ผลปรากฏว่า น้ำยาบ่มคอนกรีตทั้งหมดมี



คุณสมบัติต่ำกว่ามาตรฐาน (ไกรสิทธิ์ โลมรัตน์ : 2542)

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่าวิธีการบ่มที่แตกต่างกันจะให้ผลค่ากำลังอัดคอนกรีตที่ต่างกันด้วย และวิธีการบ่มที่ดีที่สุดจะเหมาะสมสำหรับอายุการบ่มที่แตกต่างกัน ในขณะเดียวกันน้ำยาบ่มคอนกรีตที่ใช้ก็มีคุณสมบัติต่ำกว่ามาตรฐาน ดังนั้นจากขั้นตอนการบ่มคอนกรีตทั้ง 4 ลักษณะตามมาตรฐาน สถ.-มถ.- 027 มาตรฐานงานผิวจราจรแบบคอนกรีต ที่กล่าวมาแล้วนั้น กับการบ่มคอนกรีตมาตรฐานที่แตกต่างกันย่อมจะทำให้ผลของการรับกำลังอัดคอนกรีตแตกต่างกันไป แต่ไม่สามารถระบุได้ว่ามีความแตกต่างกันอย่างไรและมีหลักเกณฑ์อย่างไรในการเปรียบเทียบกำลังอัดของคอนกรีตที่อายุ 28 วัน ที่มีวิธีการบ่มแตกต่างกับการบ่มมาตรฐาน

ดังนั้นทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาเปรียบเทียบและหาค่าสัมประสิทธิ์กำลังอัดของคอนกรีตตามลักษณะการบ่ม ของงานถนนผิวจราจรแบบคอนกรีต เพื่อให้ได้ค่ากำลังอัดของคอนกรีตบ่มมาตรฐานที่อายุ 28 วัน ควรมีค่าเท่าใดของค่ากำลังอัดคอนกรีตงานถนนตามที่ออกแบบไว้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษากำลังอัดของคอนกรีต ตามลักษณะการบ่ม ของงานถนนผิวจราจรแบบคอนกรีต
2. เพื่อเปรียบเทียบกำลังอัดของคอนกรีต ตามลักษณะการบ่ม ของงานถนนผิวจราจรแบบคอนกรีต กับกำลังอัดของคอนกรีตบ่มมาตรฐาน
3. เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์กำลังอัดของคอนกรีต ตามลักษณะการบ่ม ของงานถนนผิวจราจรแบบคอนกรีต

ขอบเขตของการวิจัย

1. คอนกรีตที่ใช้ในการทดสอบกำลังอัดเป็นคอนกรีตที่ออกแบบกำลังอัดก้อนตัวอย่างรูปทรงลูกบาศก์ ขนาด 15x15x15 เซนติเมตร ที่อายุการบ่ม 28 วัน เท่ากับ 240 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร โดยใช้วัสดุดังนี้

1.1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ใช้ค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 3.15

1.2 ทรายหยาบ ใช้บ่อทรายแม่น้ำยะกัง อำเภอเมือง จังหวัดนราธิวาส

1.3 หิน ใช้หินของโรงโม่หินนราธิวาส

1.4 น้ำ ใช้น้ำประปาเป็นส่วนผสมคอนกรีต

2. การบ่มคอนกรีตงานถนนผิวจราจรแบบคอนกรีต แบ่งลักษณะการบ่ม 4 ลักษณะ ตามมาตรฐาน สถ.- มถ.- 027 มาตรฐานงานผิวจราจรแบบคอนกรีต กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น กระทรวงมหาดไทย ดังนี้

2.1 ใช้กระสอบป่าน 2 ชิ้น วางทับเหลื่อมกัน ไม่น้อยกว่า 25 เซนติเมตร แล้วรดน้ำให้ชุ่มตลอดเวลานาน 7 วัน

2.2 ใช้น้ำสะอาดบ่ม โดยก่อขอบให้มีน้ำขังอยู่เหนือผิวหน้าคอนกรีต ไม่น้อยกว่า 5 เซนติเมตร ตลอดเวลาต่อเนื่องกัน 7 วัน

2.3 ใช้ทรายสะอาดคลุมให้ทั่วผิวหน้าคอนกรีตหนา 5 เซนติเมตร แล้วรดน้ำให้ชุ่มตลอดเวลาต่อเนื่องกัน 7 วัน

2.4 ใช้น้ำยาบ่มคอนกรีต (Curing Compound) ที่มีคุณสมบัติตามมาตรฐาน ASTM C309-74 หรือ AASHTO 148-70 (Liquid membrane Forming Compounds for curing concrete type 2 with Pigmented) พ่นเคลือบทับผิวหน้าคอนกรีต 2 ชั้น

3. การบ่มคอนกรีตมาตรฐาน ใช้วิธีการแช่น้ำประปาตลอดอายุของการทดสอบ

4. การทดสอบใช้มาตรฐานดังนี้

4.1 การทดสอบหาส่วนขนาดคละของมวลรวม ตามมาตรฐาน ASTM C 33

4.2 การทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะของทราย ตามมาตรฐาน ASTM C 128

4.3 การทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะของหิน ตามมาตรฐาน ASTM C 127

4.4 การทดสอบหาหน่วยน้ำหนักของมวลรวม ตามมาตรฐาน ASTM C 29

4.5 การทดสอบหาค่าการยุบตัว ตามมาตรฐาน ASTM C143

4.6 การทำก้อนตัวอย่างรูปทรงลูกบาศก์ ตามมาตรฐาน BS 1881: PART 3

4.7 การทดสอบกำลังอัดคอนกรีตทรงลูกบาศก์ ตามมาตรฐาน BS 1881: PART 4

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยมีขั้นตอนดังนี้ คือ ศึกษาข้อมูลทางเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อสรุปประเด็นปัญหา ทำการเตรียมตัวอย่างวัสดุที่ใช้ในการผสมคอนกรีต โดยนำตัวอย่างวัสดุมวลรวมละเอียดและมวลรวมหยาบ ทดสอบหาค่าคุณสมบัติทางวิศวกรรมของวัสดุ ตามมาตรฐาน ASTM เพื่อเป็นข้อมูลในออกแบบส่วนผสมคอนกรีต จากนั้นเตรียมก้อนตัวอย่างคอนกรีต เพื่อนำไปบ่มตามลักษณะการบ่มทั้ง 4 วิธี และการบ่มมาตรฐาน ทดสอบหาค่ากำลังอัดของคอนกรีต ตามลักษณะการบ่มที่อายุ 7, 14 และ 28 วัน โดยนำผลการทดสอบมาเปรียบเทียบเพื่อวิเคราะห์และสรุปผล

การเก็บตัวอย่างและจำนวนตัวอย่างทดสอบ

1. เก็บตัวอย่างคอนกรีตบ่มมาตรฐาน จำนวน 18 ตัวอย่าง และแบ่งทำการทดสอบ 3 ชุดๆ ละ 6 ตัวอย่างเพื่อทำการทดสอบกำลังอัดที่อายุ 7, 14 และ 28 วัน ตามอายุการบ่ม โดยทำการบ่มตลอดอายุของการทดสอบ



2. เก็บตัวอย่างคอนกรีตตามลักษณะการบ่ม ของงานถนนผิวจราจรแบบคอนกรีต 4 ลักษณะ จำนวนลักษณะละ 18 ตัวอย่าง และแบ่งทำการทดสอบ 3 ชุดๆ ละ 6 ตัวอย่าง เพื่อทำการทดสอบกำลังอัดที่อายุ 7 วัน ตามลักษณะการบ่ม และ 14, 28 วัน ตามสภาวะแวดล้อม รวมจำนวนทั้งหมด 72 ตัวอย่าง การเก็บตัวอย่างและจำนวนตัวอย่างการทดสอบ สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 1

ลักษณะการบ่ม	จำนวนตัวอย่างที่อายุการทดสอบ			รวม (ตัวอย่าง)	หมายเหตุ
	7 วัน	14 วัน	28 วัน		
บ่มมาตรฐาน	6	6	6	18	บ่มตลอดอายุการทดสอบ
กระสอบคลุม	6	6	6	18	บ่มเพียง 7 วัน หลังจากนั้นไม่บ่ม
ขังน้ำ	6	6	6	18	บ่มเพียง 7 วัน หลังจากนั้นไม่บ่ม
ทรายคลุม	6	6	6	18	บ่มเพียง 7 วัน หลังจากนั้นไม่บ่ม
น้ำยาบ่ม	6	6	6	18	พ่นน้ำยาบ่มแล้วปล่อยตามปกติ
รวม	30	30	30	90	

ผลการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตตามลักษณะการบ่ม

การวิจัยครั้งนี้ได้ทำการออกแบบส่วนผสมคอนกรีตกำลังอัดของก้อนตัวอย่างรูปทรงลูกบาศก์ ขนาด 15x15x15 เซนติเมตร ที่อายุการบ่ม 28 วัน เท่ากับ 240 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ผลการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตจากการทดสอบ ได้แสดงในตารางที่ 2

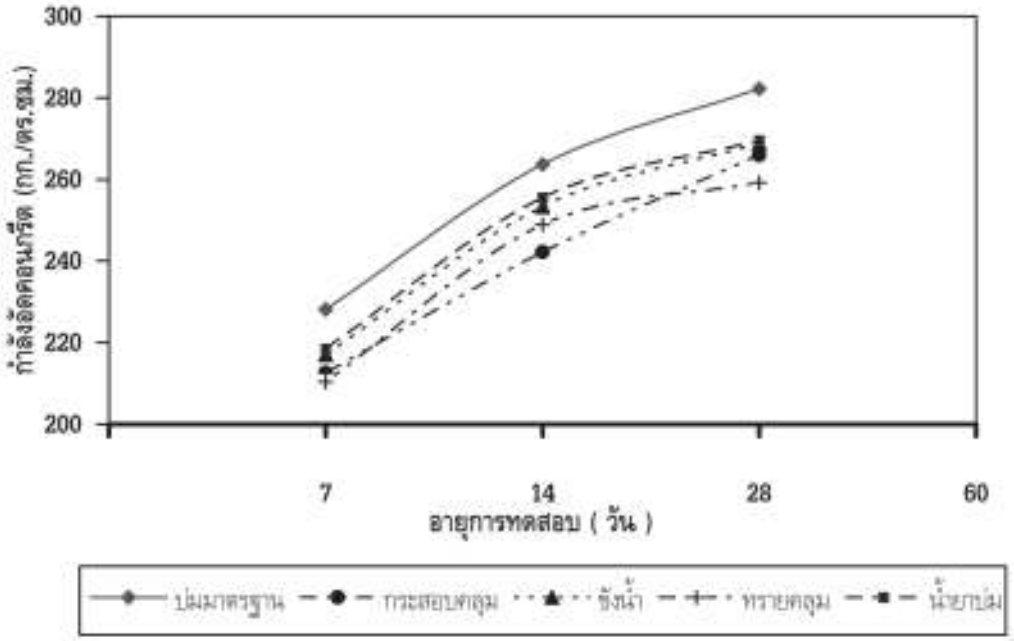
ตารางที่ 2 ผลการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตตามลักษณะการบ่ม

ลักษณะการบ่ม	กำลังอัดเฉลี่ยของคอนกรีตที่อายุการทดสอบ (กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร)			หมายเหตุ
	7 วัน	14 วัน	28 วัน	
บ่มมาตรฐาน	228.15	263.70	282.22	บ่มตลอดอายุการทดสอบ
กระสอบคลุม	212.59	242.22	265.93	บ่มเพียง 7 วัน หลังจากนั้นไม่บ่ม
ขังน้ำ	217.04	253.33	268.89	บ่มเพียง 7 วัน หลังจากนั้นไม่บ่ม
ทรายคลุม	210.37	248.89	259.26	บ่มเพียง 7 วัน หลังจากนั้นไม่บ่ม
น้ำยาบ่ม	218.52	255.56	269.63	พ่นน้ำยาบ่มแล้วปล่อยตามปกติ

จากตารางที่ 2 ผลการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตตามลักษณะการบ่มแบบใช้ทรายคลุม แบบใช้กระสอบคลุม แบบขังน้ำ แบบใช้น้ำยาบ่ม และแบบบ่มมาตรฐาน มีค่ากำลังอัดที่อายุ 28 วัน เท่ากับ 259.26, 265.93, 268.89, และ 269.63 และ 282.22 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่ากำลังอัดของคอนกรีตลักษณะการบ่มตามมาตรฐานสถ.-มถ.-027 มาตรฐานงานผิวจราจรแบบคอนกรีตทั้ง 4 ลักษณะการบ่มแบบใช้ทรายคลุมมีค่ากำลังอัดน้อยที่สุด คือ 259.26 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และการบ่มแบบใช้น้ำยาบ่มมีค่ากำลังอัดมากที่สุด คือ 269.63 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

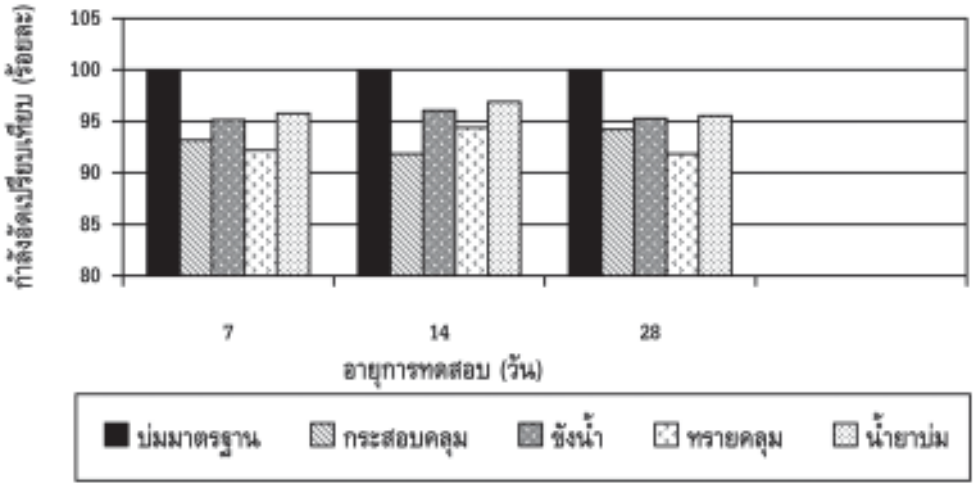
การอภิปรายผลทดสอบ

จากตารางที่ 2 ผลการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตตามลักษณะการบ่มเมื่อนำมาเขียนกราฟเพื่อเปรียบเทียบสามารถสรุปได้ดังรูปที่ 1 และรูปที่ 2



รูปที่ 1 กราฟแนวโน้มกำลังอัดของคอนกรีตตามลักษณะการบ่มที่อายุการทดสอบต่างกัน

จากรูปที่ 1 ผลการทดสอบสรุปได้ว่าลักษณะการบ่ม ตามมาตรฐาน สถ.- มถ.- 027 มาตรฐานงานผิวจราจรแบบคอนกรีตทั้ง 4 ลักษณะมีแนวโน้มค่ากำลังอัดสูงขึ้นใกล้เคียงกันอย่างต่อเนื่องตามอายุของการทดสอบ สำหรับลักษณะการบ่มแบบใช้ทรายคลุม จะมีแนวโน้มค่ากำลังอัดที่อายุ 28 วัน สูงขึ้นน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับลักษณะการบ่มแบบอื่นๆ



รูปที่ 2 กำลังอัดเปรียบเทียบของคอนกรีตตามลักษณะการบ่ม ที่อายุการทดสอบต่างกัน

จากรูปที่ 2 ผลการทดสอบสรุปได้ว่าเมื่อนำข้อมูลมาเปรียบเทียบที่อายุ 28 วัน ลักษณะการบ่มแบบใช้น้ำยาบ่มมีค่ากำลังอัดเปรียบเทียบแตกต่างน้อยที่สุด และลักษณะการบ่มแบบใช้ทรายคลุมมีค่ากำลังอัดเปรียบเทียบแตกต่างมากที่สุด โดยค่ากำลังอัดของคอนกรีตตามลักษณะการบ่มทั้ง 4 ลักษณะ กับกำลังอัดของคอนกรีตบ่มมาตรฐานที่อายุ 28 วัน จะมีค่าต่ำกว่า โดยมีความแตกต่างร้อยละ 4.46 ถึง ร้อยละ 8.14 ดังนั้นเพื่อให้ได้ค่ากำลังอัดคอนกรีตงานถนนตามที่ออกแบบไว้ควรมีค่ากำลังอัดคอนกรีตบ่มมาตรฐานที่อายุ28วันเท่ากับกำลังอัดคอนกรีตที่ออกแบบคูณด้วยสัมประสิทธิ์สูงสุด 1.0814

ข้อเสนอแนะ

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยที่ทำการทดสอบก้อนตัวอย่างเท่านั้น ควรจะมีการศึกษาในเชิงลึกต่อไป เช่น ด้านสภาพภูมิอากาศของแต่ละพื้นที่กับวิธีการบ่มที่เหมาะสม ด้านอิทธิพลของความกว้างของถนนจะมีผลกระทบต่อการรับกำลังอัดอย่างไร ด้านความคุ้มทุนในการใช้วิธีการบ่มแต่ละลักษณะตามขนาดพื้นที่ของงานถนน เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น กระทรวงมหาดไทย. **มาตรฐาน ถนน ทางเดินและทางเท้า.** กรุงเทพฯ, ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

ไกรสิทธิ์ โลมรัตน์. (2542). **การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของน้ำยาบ่มคอนกรีตกับการบ่มแบบทั่วๆไป.** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร. (2540). **คอนกรีตเทคโนโลยี.** บริษัท ผลิตภัณฑ์และวัตถุก่อสร้าง จำกัด. (ม.ป.ท.)

ณัฐวุฒิ สุวรรณภูมิ. (2548). **การสำรวจเชิงทดลองและการคำนวณเชิงตัวเลขของกระบวนการบ่มคอนกรีตด้วยพลังงานไมโครเวฟ.** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

ธวัชชัย อุดมอารยะ. (2549). **การเปรียบเทียบกำลังอัดคอนกรีตโดยการบ่มด้วยวิธีการแช่น้ำ การใช้กระสอบคลุม การใช้พลาสติกหุ้ม และการบ่มด้วยสารเคมี.** วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร.

บริษัท ซิก้า (ประเทศไทย) จำกัด. **น้ำยาบ่มคอนกรีตชนิดสลายตัวได้.** เข้าถึงเมื่อ 20 ตุลาคม 2550 จาก http://www.sika.co.th.

วินิต ช่อวิเชียร. (2544). **คอนกรีตเทคโนโลยี.** กรุงเทพมหานคร, ป.สัมพันธ์พาณิชย์.

อุดมวิทย์ กาญจนวรงค์. (2542). **ปฏิบัติงานทดสอบคอนกรีตเทคโนโลยี**. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร, สกายบุ๊กส์.