

**ผลกระทบต่อคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางกลของคอนกรีต
ที่เกิดจากคุณภาพน้ำในส่วนผสมคอนกรีตที่ได้จากแหล่งน้ำธรรมชาติในจังหวัดพิษณุโลก**
**Effect of mixing water obtained from different natural sources
in Phitsanulok Province on the physical and mechanical properties of concrete**

เอื้อบุญ ทิพย์ จิรา ธรรมนิยม และ ดยฤทธิ์ เสถียรสุวจะ

Ueaboon Teephung, Jira Tamniyom, and Donyarit Settasuwaccha

สาขาวิชาเทคโนโลยีก่อสร้าง คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม E-mail: ueaboon@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาคุณสมบัติของคอนกรีตที่ใช้
น้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติในจังหวัดพิษณุโลกเป็น
ส่วนผสม โดยมีวัตถุประสงค์ของงานวิจัยเพื่อ 1)
ตรวจสอบคุณภาพน้ำดิบจากแหล่งน้ำธรรมชาติใน 5
อำเภอของจังหวัดพิษณุโลกคือ 1.อำเภอวังทอง 2.อำเภอ
วัดโบสถ์ 3.อำเภอบางระกำ 4.อำเภอเมือง 5.อำเภอ
พรหมพิราม 2) การทดสอบน้ำผสมคอนกรีตจะทำการ
ทดสอบเปรียบเทียบคุณภาพน้ำดิบจาก 5 แหล่งกับน้ำ
กลั่น โดยค่าการก่อตัวเริ่มต้น(Initial Setting Time) มี
ค่าความแตกต่างได้ไม่เกิน 30 นาทีและ ค่าเฉลี่ยกำลังอัด
ของคอนกรีตต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 90 ของกำลังอัด
คอนกรีตที่ใช้น้ำกลั่น ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บตัวอย่าง
น้ำธรรมชาติจาก 5 อำเภอของจังหวัดพิษณุโลก แบ่ง
ออกเป็นอำเภอละ 2 จุด ซึ่งจำแนกได้เป็น 1.น้ำบาดาล
2.น้ำผิวดิน โดยนำมาวิเคราะห์หาค่าความเป็นกรด-เบส
(pH) ค่าความขุ่น ปริมาณคลอไรด์ ปริมาณซัลเฟต
ปริมาณของแข็ง การก่อตัวของซีเมนต์ และกำลังอัดของ
คอนกรีต

ผลการวิจัยพบว่า คุณภาพน้ำดิบจากแหล่งน้ำ
ธรรมชาติในจังหวัดพิษณุโลกในการผสมคอนกรีตเมื่อ

เปรียบเทียบกับน้ำกลั่นตามเกณฑ์มาตรฐานน้ำผสม
คอนกรีตน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติของทุกอำเภอมีค่า
ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ยกเว้นน้ำผิวดินจากอำเภอพรม
พิรามมีค่าไม่ผ่านเกณฑ์โดยมีระยะการก่อตัวเกินค่า
มาตรฐาน แต่ในส่วนการทดสอบกำลังอัดเป็นไปตาม
เกณฑ์มาตรฐาน การทดสอบกำลังอัดแท่งคอนกรีต
ตัวอย่างของทุกอำเภอเกิดความเสียหายในรูปแบบของ
การร้าวร้าว แสดงว่าน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติของทุก
อำเภอไม่ส่งผลต่อแรงยึดเหนี่ยวระหว่างมวลรวมกับ
ซีเมนต์เฟส

คำสำคัญ: ส่วนผสมคอนกรีต กำลังอัด น้ำธรรมชาติ

Abstract

This research presents the study of
concrete mixture properties : A case study the
use of natural water in Phitsanulok Province.
The objective of this study is to determine and
compare the water quality of 5 districts in
Phitsanulok. The data collection, there were 2
major parameters : 1. Underground water 2.
Surface water in each district. The water
samples were analyzed to evaluate pH value,

turbidity, chloride content, sulfate content, solid content, and compressive strength.

This research was found that: the quality of natural water from every districts pass the water quality standard and time duration in concrete forming was higher than the standard time. The results of compressive strength in the prepared samples. It was found that all natural water resources had no effect on concrete bonding between aggregate and cement.

Keyword: concrete mixture, compressive strength, natural water

1. บทนำ

น้ำจัดว่าเป็นส่วนประกอบที่สำคัญอย่างมากสำหรับงานก่อสร้างไม่ว่าจะเป็นยุคสมัยใด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในงานก่อสร้างอาคารสูงหรือโครงสร้างมูลฐานที่ต้องมีการควบคุมปริมาณและคุณภาพของคอนกรีตที่ใช้ในการก่อสร้าง ซึ่งนอกเหนือจากวัสดุผสมมวลรวมหยาบและละเอียดแล้วน้ำผสมคอนกรีตก็มีความสำคัญที่ส่งผลต่ออิทธิพลของแข็งแรงและความคงทนของคอนกรีตเช่นกัน โดยทั่วไปน้ำที่นำมาใช้ในงานก่อสร้างและคอนกรีตจะทำหน้าที่ 3 ประการ ได้แก่

1. น้ำผสมคอนกรีต: ใช้ผสมกับปูนซีเมนต์เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาไฮเดรชัน อันมีผลต่อความสามารถในการใช้งานของคอนกรีตสด และกำลังและความคงทนของคอนกรีตแข็งตัวแล้ว

2. น้ำล้างมวลรวม: ใช้ล้างมวลรวมที่สกปรกให้สะอาดพอที่จะนำมวลรวมมาผสมทำคอนกรีตได้

3. น้ำบ่มคอนกรีต: ใช้บ่มคอนกรีตให้มีกำลังเพิ่มขึ้นและเป็นการป้องกันปัญหาการแตกร้าวเนื่องจากการสูญเสียน้ำของคอนกรีต

สำหรับปัญหาที่พบบ่อยเสมอเกี่ยวกับน้ำสำหรับงานคอนกรีต คือ ปัญหาเรื่องคุณภาพน้ำที่ใช้ผสมทำคอนกรีต ทำให้ได้คอนกรีตที่มีกำลังต่ำกว่าที่ควรจะเป็น โดยมีสาเหตุจากการใช้น้ำไม่เหมาะสมหรือไม่ถูกวิธีการทำการทดสอบหาคุณสมบัติของน้ำและคุณภาพของคอนกรีตจึงมีความจำเป็นอย่างมากในการตรวจสอบมาตรฐานที่ได้จากแหล่งน้ำธรรมชาติภายในจังหวัดเพื่อหาค่าการเจือปน ค่าความเป็นกรดและด่างที่อาจส่งผลเสียต่อคุณภาพของคอนกรีต ตลอดจนคุณสมบัติของคอนกรีต ยกตัวอย่าง เช่น ความสามารถทนได้ระยะเวลาการก่อตัว การแข็งตัว และกำลังอัด เป็นต้น

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงให้ความสนใจในเรื่องผลกระทบต่อคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางกลของคอนกรีตที่เกิดจากคุณภาพของน้ำในส่วนผสมคอนกรีตที่ได้จากแหล่งน้ำธรรมชาติ เพื่อใช้อ้างอิงผลกระทบที่เกิดขึ้น

2. วิธีการดำเนินการวิจัย

2.1. การเก็บตัวอย่างน้ำธรรมชาติ

ผู้วิจัยได้ทำการเก็บตัวอย่างน้ำตามธรรมชาติดังต่อไปนี้

- 2.1.1 น้ำผิวดิน ที่อำเภอวังทอง (A1)

- 2.1.2 น้ำบาดาล ที่อำเภอวังทอง (A2)

- 2.1.3 น้ำผิวดิน ที่อำเภอวัดโบสถ์ (B1)

- 2.1.4 น้ำบาดาล ที่อำเภอวัดโบสถ์ (B2)

- 2.1.5 น้ำผิวดิน ที่อำเภอบางระกำ (C1)

- 2.1.6 น้ำบาดาล ที่อำเภอบางระกำ (C2)

- 2.1.7 น้ำผิวดิน ที่อำเภอเมืองพิษณุโลก (D1)

2.1.8 น้ำบาดาล ที่อำเภอเมืองพิษณุโลก (D2)

2.1.9 น้ำผิวดิน ที่อำเภอพรหมพิราม (E1)

2.1.10 น้ำบาดาล ที่อำเภอพรหมพิราม (E2)

และนำน้ำธรรมชาติไปทำการทดสอบคุณภาพน้ำ

1. ทดสอบปริมาณของแข็งตามมาตรฐาน ASTM ต้องมีปริมาณของแข็งไม่เกิน 2,000 ppm.

2. ทดสอบค่าความเป็นกรด-เบส(pH)ต้องมีค่า pH อยู่ในช่วง 6.5 – 8.5

3. ทดสอบปริมาณซัลเฟตตามมาตรฐาน ASTM ต้องมีปริมาณของแข็งไม่เกิน 1,000 ppm.

4. ทดสอบปริมาณคลอไรด์ตามมาตรฐาน ASTM ต้องมีปริมาณของแข็งไม่เกิน 500 ppm.

5. น้ำกลั่นที่ใช้ในการทดสอบ ชี้น้ำกลั่นตรา ฟันเฟือง (G)

2.2. ออกแบบส่วนผสมคอนกรีตตามมาตรฐาน ACI

2.2.1 เก็บตัวอย่างมวลรวมหยาบและมวลรวมละเอียด โดยในการทดสอบนี้ได้ใช้ หินขนาดโตสุด ¾ นิ้ว และทรายแม่น้ำจาก อ.บางระกำ จ.พิษณุโลก และทำการทดสอบหาคูณสมบัติเพื่อเป็นข้อมูลในการใช้ในการออกแบบส่วนผสมคอนกรีต ซึ่งได้แก่

1. การทดสอบหาขนาดคละของมวลรวม

2. การทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะและการดูดซึ่มของมวลรวม

3. การทดสอบหาหน่วยน้ำหนักของมวลรวม

4. การทดสอบหาสารอินทรีย์ของมวลรวมละเอียด

2.3. ออกแบบส่วนผสมคอนกรีต

การออกแบบส่วนผสมคอนกรีต ตามมาตรฐานของ ACI (American Concrete Institute) โดยกำหนดกำลังอัดของคอนกรีตในการออกแบบเท่ากับ 240 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตรและทำการทดลองผสมจริงทดสอบค่าการยุบตัวของคอนกรีตและทำการปรับแก้ปริมาณน้ำให้ค่าการยุบตัวของคอนกรีตสด ตามที่ออกแบบไว้

2.4. ทดสอบค่าการก่อตัว

การทดสอบค่าการก่อตัว ตามมาตรฐาน ASTM C451 โดยใช้น้ำธรรมชาติจาก 5 อำเภอในจังหวัดพิษณุโลก รวม 10 ตัวอย่าง เปรียบเทียบกับผลการทดสอบจากน้ำกลั่น ซึ่งจะต้องมีค่าแตกต่างไม่เกิน 30 นาที่

2.5. ทดสอบค่ากำลังอัดคอนกรีต

การทดสอบค่ากำลังอัดของคอนกรีต ตามมาตรฐาน ASTM C31 ตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบ มีขนาด 15x15x15 ซม. โดยใช้น้ำธรรมชาติทั้ง 10 แหล่ง เมื่อหล่อตัวอย่างคอนกรีตจะทำการบ่มคอนกรีตในน้ำ และทำการทดสอบที่อายุคอนกรีต 28 วัน ซึ่งจะต้องมีค่ากำลังอัดคอนกรีตไม่น้อยกว่า 90% ของกำลังอัดคอนกรีตที่ใช้น้ำกลั่นเป็นส่วนผสม

3. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

3.1. การออกแบบส่วนผสมคอนกรีตเพื่อทดสอบกำลังอัดประลัย

จากผลการคำนวณหาส่วนผสมคอนกรีตที่ต้องการกำลังอัดประลัยเท่ากับ 240 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร ที่อายุ 28 วัน ได้ส่วนผสมคอนกรีตต่อ 1 ลูกบาศก์เมตร ประกอบด้วย ซีเมนต์ 412 กิโลกรัม น้ำ 200 ลิตร หิน

981 กิโลกรัม และทราย 688 กิโลกรัม ปรับส่วนผสมคอนกรีตจากค่าการทดสอบการดูดซึมน้ำของหินและทราย ได้ส่วนผสมจริง ประกอบด้วยซีเมนต์ 412 กิโลกรัม น้ำ 160 ลิตร หิน 983 กิโลกรัม และทราย 733 กิโลกรัม

3.2. ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำธรรมชาติ ค่าความเป็นกรด-เบส (pH) ค่าความขุ่น ปริมาณคลอไรด์ ปริมาณซัลเฟต ปริมาณของแข็งและการก่อตัวของซีเมนต์

ค่าความเป็นกรด-เบส (pH)ตามมาตรฐานน้ำที่ใช้ผสมคอนกรีต พบว่าตัวอย่าง A2 มีค่าความเป็นกรด-เบส (pH) ต่ำที่สุดคือ 6.1 และตัวอย่าง D2 มีค่าความเป็นกรด-เบส (pH) สูงที่สุดคือ 8.19 โดยตัวอย่างน้ำทั้งหมดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานค่าความขุ่น (turbidity) ตามมาตรฐานน้ำที่ใช้ผสมคอนกรีตต้องมีค่าไม่เกิน 2000NTU พบว่าตัวอย่าง C2 มีค่าความขุ่นต่ำสุดคือ 2.37NTU (ร้อยละ0.14) และตัวอย่าง D1 มีค่าความขุ่นสูงสุดคือ 90.10NTU (ร้อยละ4.51) โดยตัวอย่างน้ำทั้งหมดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ด้านปริมาณคลอไรด์ (chloridecontent) ตามมาตรฐานน้ำที่ใช้ผสมคอนกรีตต้องมีค่าไม่เกิน 500ppm. พบว่าตัวอย่าง C2 มีค่าคลอไรด์ต่ำสุดคือ 0.75ppm.(ร้อยละ0.15) และตัวอย่าง E2 มีค่าคลอไรด์สูงสุดคือ 10.50ppm. (ร้อยละ2.10)โดยตัวอย่างน้ำทั้งหมดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน และปริมาณซัลเฟต (sulfate content) ตามมาตรฐานน้ำที่ใช้ผสมคอนกรีตต้องมีค่าไม่เกิน 1,000ppm. พบว่าตัวอย่าง C2 มีค่าซัลเฟตต่ำสุดคือ 0.41ppm.(ร้อยละ0.04) และตัวอย่าง E1มีค่าซัลเฟตสูงสุดคือ 7.18ppm. (ร้อยละ 0.18) โดยตัวอย่างน้ำทั้งหมดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ในส่วนของปริมาณของแข็ง (TSS) ตามมาตรฐานน้ำที่ใช้ผสมคอนกรีตต้องมีค่าไม่เกิน 2000 ppm. พบว่า

ตัวอย่าง A2 มีปริมาณค่าของแข็งต่ำสุดคือ 45ppm.(ร้อยละ2.25) และตัวอย่าง E2 มีปริมาณค่าของแข็งสูงสุดคือ 169ppm. (ร้อยละ8.45) โดยตัวอย่างน้ำทั้งหมดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ทั้งนี้ระยะเวลาการก่อตัวระยะต้นของคอนกรีต ตามมาตรฐานการก่อตัวต้องมีระยะเวลาการก่อตัวระยะต้นไม่น้อยกว่า 45 นาที แต่ไม่เกิน 3 ชั่วโมง จากการทดสอบพบว่าตัวอย่าง C2 มีระยะเวลาการก่อตัวเร็วที่สุด 1 ชั่วโมง 39 นาที และตัวอย่าง E1 มีระยะเวลาการก่อตัวนานที่สุด 3 ชั่วโมง 30 นาที นำผลการทดสอบไปเปรียบเทียบกับตัวอย่าง G ที่ใช้เป็นตัวอย่างเปรียบเทียบ โดยตัวอย่าง G มีระยะเวลาการก่อตัวระยะต้น 1 ชั่วโมง 54 นาที ผลการเปรียบเทียบพบว่าในภาพรวมตัวอย่างทั้งหมดมีระยะเวลาการก่อตัวระยะต้นของซีเมนต์แตกต่างจากตัวอย่าง G ไม่เกิน 30 นาที ถือว่าน้ำธรรมชาติอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ยกเว้น ตัวอย่าง E1 มีระยะเวลาการก่อตัวเกินกว่าระยะเวลามาตรฐาน 30 นาที ค่าการยุบตัวของคอนกรีต ตามมาตรฐานน้ำผสมคอนกรีต ในภาพรวมพบว่า มีค่าการยุบตัวอยู่ระหว่าง 8 ถึง 10 เซนติเมตร อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานลักษณะการแตกร้าวของคอนกรีตตัวอย่าง พบว่าในภาพรวมเป็นการแตกแบบผ่าหินเป็นลักษณะที่แสดงว่ามีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างมวลรวมกับซีเมนต์เฟสที่ดี

ค่าเฉลี่ยกำลังอัดที่กระทำกับคอนกรีตตัวอย่างที่ใช้น้ำธรรมชาติเป็นส่วนผสมคอนกรีต เมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตตัวอย่างผสมน้ำกลั่น ในภาพรวมพบว่า มีค่าไม่น้อยกว่าร้อยละ 90 ของคอนกรีตที่ใช้น้ำกลั่น

3.3. ผลการทดสอบกำลังอัดประลัย

ค่าเฉลี่ยของกำลังอัดจากการทดสอบ 3 ครั้ง ติดต่อกันของคอนกรีตที่ออกแบบกำลังอัดเท่ากับ 240 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร ทุกตัวอย่างผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน

โดยค่ากำลังอัดแต่ละครั้งต่ำกว่ากำลังที่ต้องการได้ไม่เกิน 30 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร ไม่พบค่าการทดสอบต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานและค่ากำลังอัดของแต่ละก้อน ตัวอย่างไม่น้อยกว่า ร้อยละ 90 ของกำลังอัดที่กำหนด ซึ่งไม่พบค่าการทดสอบต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานลูกปูน ตัวอย่างที่นำมาทดสอบทั้งหมดผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ACI 318 และ ACI 214

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบกำลังอัดประลัยของลูกปูน ตัวอย่างตามเกณฑ์มาตรฐาน ACI 318 และ ACI 214 (ksc)

ตัวอย่าง	ชุดที่1	ชุดที่2	ชุดที่3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
A1	253	236	*345	245	12.02
A2	259	296	266	274	19.66
B1	*199	315	314	315	0.71
B2	249	284	258	264	18.18
C1	316	285	297	299	15.63
C2	258	315	284	286	28.54
D1	299	310	*226	305	7.78
D2	259	244	195	233	33.47
E1	232	268	*348	250	25.46
E2	336	*273	348	342	8.49
G	265	260	317	281	31.56

จากตารางที่ 1(*) เป็นตัวเลขที่ถูกตัดออกเนื่องจากมีค่าแตกต่างจากกลุ่มเกิน 70 ksc โดยพิจารณาจากค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดในแต่ละชุดตัวอย่างมาลบกันต้องมีค่าไม่เกิน 70 ksc ถ้ามีค่าเกินให้ตัดออกหนึ่งตัวอย่างในชุดนั้น

ผลการทดสอบพบว่า การทดสอบกำลังอัดแท่งคอนกรีตตัวอย่างของทุกอำเภอเกิดความเสียหายใน

รูปแบบของการผ่าหิน แสดงว่าน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติของทุกอำเภอไม่ส่งผลต่อแรงยึดเหนี่ยวระหว่างมวลรวมกับซีเมนต์เฟส

4. สรุปและข้อเสนอแนะ

4.1. สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาหาคุณสมบัติของส่วนผสมคอนกรีต โดยทำการทดสอบมาตรฐานของน้ำจากแหล่งธรรมชาติและคอนกรีตที่ทำการออกแบบกำลังอัดเท่ากับ 240 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร สามารถสรุปการทดลองได้ดังนี้

ตารางที่ 2 สรุปการทดลอง

การทดลอง	ผลที่ได้จากการทดลอง
การทดสอบค่า pH	ค่า pH ต่ำสุด 6.1 สูงสุด 8.19 (อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน)
การทดสอบค่าความขุ่น	ค่า Nephelometric Turbidity: NTU ต่ำสุด 2.73 ppm. สูงสุด 90.1 ppm. (อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน)
การทดสอบปริมาณค่าคลอไรด์	ค่าคลอไรด์ ต่ำสุด 0.75 ppm. สูงสุด 10.5 ppm. (อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน)
การทดสอบปริมาณค่าซัลเฟต	ค่าซัลเฟต ต่ำสุด 0.41 ppm. สูงสุด 7.18 ppm. (อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน)
การทดสอบปริมาณค่าของแข็ง	ค่า Total Suspended Solid: TSS ต่ำสุด 45 ppm. สูงสุด 169 ppm. (อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน)
การทดสอบระยะเวลาการก่อตัวของตะกอนของปูนซีเมนต์	การก่อตัวเร็วที่สุด 1 ชั่วโมง 39 วินาที นานที่สุด 3 ชั่วโมง 30 วินาที (อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน)
การทดสอบค่าการยุบตัวของปูนซีเมนต์	ค่าตัวการยุบ อยู่ระหว่าง 8-10 เซนติเมตร (อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน)
การทดสอบค่ากำลังอัดเฉลี่ยของคอนกรีต	ค่ากำลังอัดเฉลี่ยไม่น้อยกว่า 90% 236 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร (อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน)

4.2. ข้อเสนอแนะ

การเก็บตัวอย่างในการทดลองครั้งนี้เป็นการเก็บตัวอย่างในฤดูร้อนเพียงเท่านั้น ซึ่งหากต้องการศึกษาคุณสมบัติให้ครบถ้วนควรเก็บตัวอย่างน้ำให้ครบทั้ง 3 ฤดู เพราะในแต่ละฤดูอาจมีสิ่งเจือปนที่แตกต่างกันซึ่งอาจมีผลต่อกำลั่งอัดและการก่อตัวของคอนกรีตได้

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามเป็นอย่างสูงที่อำนวยความสะดวกในด้านงานเอกสารต่างๆ และค่าใช้จ่ายในการเดินทางนำเสนองานวิจัยในครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] ปริญญาจินดาประเสริฐ, “ปูนซีเมนต์ ปอซโซลาน และคอนกรีต” พิมพ์ครั้งที่ 3, ขอนแก่น, สมาคมคอนกรีตไทย, 2549.
- [2] วินิต ช่อวิเชียร, “คอนกรีตเทคโนโลยี,” พิมพ์ครั้งที่ 8, กรุงเทพฯ, 2549.
- [3] โยธาธิการ กรม กระทรวงมหาดไทย, “มาตรฐานการทดสอบน้ำที่ใช้ในงานคอนกรีต,” [online], เข้าถึงจาก http://services.dpt.go.th/dpt_rsldg/modules/standard/data_standard/Std_ts_method/1212.pdf, 2556.
- [4] สภาวิศวกร, “การออกแบบส่วนผสมของคอนกรีตโดยปริมาตร,” [online], เข้าถึงจาก, http://www.coe.or.th/e_engineers/knc_detail.php?id=102, 2556.

- [5] CPAC, “คู่มือการทดสอบหิน ทราयและคอนกรีต,” [online], เข้าถึงจาก <http://www.Cpacacademy.com/index.php?tpid=0064>, 2556.