

คมนตรี ไซเคสชาธร : การประยุกต์ใช้ผิวทางแอสฟัลต์รีไซเคิลเป็นมวลรวมในงานคอนกรีต  
ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (UTILIZATION OF RECYCLED ASPHALT PAVEMENT AS  
AGGREGATES IN ENVIRONMENTAL-FRIENDLY CONCRETE APPLICATIONS)  
อาจารย์ที่ปรึกษา : ศาสตราจารย์ ดร.สุขสันต์ หอพิบูลสุข, 124 หน้า.

วิทยานิพนธ์นี้ศึกษาการนำเอาผิวทางแอสฟัลต์รีไซเคิลมาแทนที่มวลรวมธรรมชาติใน  
มอร์ตาร์และคอนกรีต การศึกษาการพัฒนากำลังอัดและการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างจุลภาคนำเสนอ  
โดยการปรับเปลี่ยนสัดส่วนผสมของมอร์ตาร์และคอนกรีตที่มีส่วนผสมของผิวทางแอสฟัลต์  
รีไซเคิล การเปลี่ยนแปลงกำลังอัดของมอร์ตาร์และคอนกรีตที่มีส่วนผสมของผิวทางแอสฟัลต์  
รีไซเคิลคือเป้าหมายการศึกษาที่สำคัญของงานวิจัยนี้ งานวิจัยและการเก็บข้อมูลแบ่งออกเป็น  
2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ศึกษาการพัฒนากำลังของซีเมนต์มอร์ตาร์ที่มีผิวทางแอสฟัลต์รีไซเคิลแทนที่  
มวลรวมละเอียดธรรมชาติโดยทดสอบกำลังอัด ทดสอบ X-ray diffraction (XRD) และการถ่ายภาพ  
ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscopy, SEM) จากนั้น  
ทำการประเมินอิทธิพลของอัตราส่วนการแทนที่ด้วยผิวทางแอสฟัลต์รีไซเคิล อัตราส่วนน้ำต่อ  
ซีเมนต์ และอายุบ่มต่อการพัฒนา กำลังอัด ผิวทางแอสฟัลต์รีไซเคิลมีการดูดซึมน้ำที่สูงอย่างชัดเจนที่  
สถานะอิ่มตัวผิวแห้งแต่มีอัตราการดูดซึมน้ำที่ช้ากว่าทราย ปริมาณน้ำที่เพิ่มขึ้นเพื่อชดเชยสถานะอิ่มตัว  
ผิวแห้งยังคงอยู่และกลายเป็นน้ำอิสระในส่วนผสมหลังจากการแข็งตัว ปริมาณการแทนที่ด้วย  
ผิวทางแอสฟัลต์รีไซเคิลที่อัตราเหมาะสมเท่ากับร้อยละ 25 ช่วยเพิ่มผลิตภัณฑ์ซีเมนต์และกำลังอัด  
สำหรับค่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ที่ต่ำกว่า 0.5 ซึ่งไม่น่าเพียงพอแก่ปฏิกิริยาไฮเดรชันของซีเมนต์  
การแทนที่ด้วยผิวทางแอสฟัลต์รีไซเคิลเป็นผลให้เกิดความพรุนมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญและปริมาณ  
ผลิตภัณฑ์ซีเมนต์และกำลังอัดลดลงสำหรับค่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ที่มากกว่า 0.5 อัตราส่วนน้ำ  
ต่อซีเมนต์ปรับปรุงได้รับการนำเสนอด้วยปริมาณน้ำรวม (Combined water,  $w^*$ ) ซึ่งเป็นผลรวมของ  
ปริมาณน้ำที่ทำปฏิกิริยา (Reacted water,  $w$ ) และปริมาณน้ำที่ไม่ได้รับการดูดซับหลังจากแข็งตัว  
(After-hardening unabsorbed water,  $w_u$ ) ผลของตัวห่วงปฏิกิริยาไฮเดรชันเนื่องจากแอสฟัลต์ถูก  
นำมาพิจารณาในการพัฒนาอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ส่วนขยายสำหรับทำนายนการพัฒนา กำลังของ  
มอร์ตาร์ที่แทนที่ด้วยผิวทางแอสฟัลต์รีไซเคิล ผลการศึกษาส่วนแรกช่วยให้ การออกแบบส่วนผสม  
ของซีเมนต์มอร์ตาร์ที่อัตราส่วนการแทนที่ผิวทางแอสฟัลต์รีไซเคิลในมวลรวมธรรมชาติ อัตราส่วน  
น้ำต่อซีเมนต์ และอายุบ่มใด ๆ มีความสะดวกมากขึ้น

ส่วนที่ 2 นำเสนอผลการแทนที่มวลรวมละเอียดและมวลรวมหยาบด้วยผิวทางแอสฟัลต์  
รีไซเคิลต่อกำลังอัดคอนกรีต ศึกษาโดยการปรับเปลี่ยนสัดส่วนผสมของคอนกรีตที่แทนที่ผิวทาง



แอสฟัลต์รีไซเคิล กำลังอัดของคอนกรีตมีแนวโน้มลดลงตามการเพิ่มขึ้นของการแทนที่ผิวทางแอสฟัลต์รีไซเคิลในมวลรวมธรรมชาติ การลดลงของผลิตภัณฑ์ซีเมนต์เนื่องจากน้ำอิสระและแอสฟัลต์เป็นผลให้กำลังอัดของคอนกรีตแทนด้วยผิวทางแอสฟัลต์รีไซเคิลลดลง อย่างไรก็ตาม Modulus of resilience ของคอนกรีตมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณผิวทางแอสฟัลต์รีไซเคิล กฎอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ส่วนขยายถูกนำมาใช้อธิบายการพัฒนา กำลังของคอนกรีตที่แทนที่ด้วยผิวทางแอสฟัลต์รีไซเคิล งานวิจัยส่วนนี้แนะนำแนวทางการออกแบบสำหรับคอนกรีตที่แทนที่ด้วยผิวทางแอสฟัลต์รีไซเคิล บนพื้นฐานของการออกแบบตามวิธีของ ACI 211.1 วิธีการออกแบบนี้ได้รับการตรวจสอบเปรียบเทียบกับผลการทดสอบจากงานวิจัยในอดีต งานวิจัยนี้ช่วยสนับสนุนการออกแบบคอนกรีต ที่ใช้ผิวทางแอสฟัลต์รีไซเคิลแทนที่มวลรวมเพื่อเพิ่มการประยุกต์ใช้วัสดุรีไซเคิลนี้ในงานก่อสร้างทางวิศวกรรมโยธาได้อย่างยั่งยืน



สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

ปีการศึกษา 2562

ลายมือชื่อนักศึกษา

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม



KOMKORN CHAIDACHATORN : UTILIZATION OF RECYCLED ASPHALT PAVEMENT AS AGGREGATES IN ENVIRONMENTAL-FRIENDLY CONCRETE APPLICATIONS. THESIS ADVISOR : PROF. SUKSUN HORPIBULSUK, Ph.D., 124 PP.

#### MORTAR/CONCRETE/RECYCLED ASPHALT PAVEMENT/AGGREGATE

This research is to study the utilization of recycled asphalt pavement (RAP) to replace the natural aggregate in mortar and concrete. The investigations on the strength development and microstructure change have been presented by varying the mix proportion of mortar and concrete containing RAP. The variation of strength of mortar and concrete containing RAP is the key study of this work. Research and data collection are divided into two parts:

The first part investigated the strength development of cement mortar (CM) containing RAP as fine aggregate replacement for natural sand by means of strength, X-ray diffraction, and scanning electron microscopy (SEM) tests. The effect of RAP replacement ratio, water to cement ratio ( $w/C$ ) and curing time on strength development was evaluated. RAP had noticeably higher water absorption at saturated surface dry (SSD) state and slower rate, of absorption than sand. The additional water to be compensated for the SSD state, remained as the free water in the mix after hardening. The RAP replacement at an optimum ratio of 25% increased the cementitious products and compressive strength for low  $w/C$  of less than 0.5, which was insufficient for cement hydration. The RAP replacement caused the most significant porosity and the lower cementitious product and compressive strength for high  $w/C$  of more than 0.5. The modified  $w/C$  has presented as the combined water




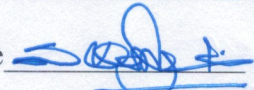
( $w^*$ ), defined as the sum of reacted water ( $w$ ) and after-hardening unabsorbed water ( $w_u$ ). The hydration retardant effect due to bitumen was considered in the development of the extended water to cement ratio law for prediction of strength development in RAP-CM. The outcome of the first part will facilitate the mix design of RAP-CM at various RAP replacement ratios,  $w/C$  ratios and curing times.

The second part introduced the effect of replacement of fine and coarse aggregates by RAP on the compressive strength concrete. The investigations on the mix proportion of concrete containing RAP was presented. The compressive strength of concrete tends to decrease with the increase of RAP replacement in natural aggregates. The reduction of cementation products due to free water and asphalt bitumen causes a decline in the strength of concrete containing RAP. However, the modulus of resilience of concrete increases according to the RAP replacement. The extended water to cement ratio law was used to explain the strength development of concrete containing RAP. The design guideline for concrete containing RAP has also been presented in this work, based on the conventional approach by ACI 211.1. This design approach was verified by previous works from the literature. The new findings from this research will promote the mix design of concrete containing RAP as an aggregate replacement, for moving towards increased applications of recycled materials in a sustainable manner in civil engineering construction.

School of Civil Engineering

Academic Year 2019

Student's Signature 

Advisor's Signature 

Co-Advisor's Signature 