บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของการศึกษา

ในปัจจุบันวิสัยทัศน์ของการทำวิจัยในประเทศไทยได้เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมที่สถาบันการศึกษาซึ่งมีบุคลากรที่มีความรู้ความสามารถจะเน้นศึกษาเพียงเพื่อหาองค์ความรู้ใหม่ (Academic Research) แต่อย่างเดียวมาเป็นการนำศักยภาพที่มีอยู่มาประยุกต์ใช้แก้ปัญหาเพื่อตอบสนองกับผู้ใช้ จริง (Applied Research) โดยเฉพาะกับภาคการเกษตรและอุตสาหกรรมนับเป็นกลไกหลักที่สร้างความเจริญให้กับประเทศไทย

สำหรับภาคอุตสาหกรรมซึ่งมีการเปลี่ยนวัตถุดิบประเภทต่างๆ ให้เป็นผลิตภัณฑ์หรือสินค้าออกมาแต่สิ่งที่เป็นปัญหาในขณะเดียวกันคือ ของเสีย (Waste/By-product) ทั้งที่เป็นพิษและไม่มีพิษ ดังเช่น อุตสาหกรรมการหล่อชิ้นส่วนเครื่องยนต์ซึ่งมีของเสียจากกระบวนการผลิตอยู่เป็นหลายประเภทและมีปริมาณมากในแต่ละปี โดยหากมีระบบการจัดการของเสียดังกล่าวไม่ดีพอจะทำให้เกิดปัญหาตามมาอาทิเช่น สารพิษที่ตกค้าง การฝังกลบ เป็นต้น ยกตัวอย่างในกรณีของบริษัท สยามโตโยต้าอุตสาหกรรม (จำกัด) ซึ่งในปีๆ หนึ่งมีของเสียจากกระบวนการหล่อเครื่องยนต์เกิดขึ้นเป็นจำนวนมากและต้องเสียค่าใช้จ่ายในการกำจัดของเสียให้กับบริษัทที่ทำการกำจัดของเสียดังกล่าวซึ่งเกือบทั้งหมดมีลักษณะเป็นผงฝุ่นเช่น ผงฝุ่นทรายไส้แบบ (Foundry Sand Powder) จนถึงที่เป็นก้อนขนาดใหญ่เช่น ตะกรันจากเตาหลอมโลหะ (Slag) ผงเหล็ก (Steel Powder) เป็นต้น นับล้านบาท โดยในปัจจุบันทางบริษัทได้ใช้วิธีการกำจัดของเสียจากกระบวนการผลิตโดยนำเข้ากระบวนการผลิตปูนซีเมนต์ผ่านบริษัทผลิตปูนซีเมนต์และบางส่วนถูกนำไปถมที่ (Landfill) แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นการนำของเสียไปใช้ในกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์ก็ยังต้องเสียค่าใช้จ่ายมากอยู่เช่นเดิม อีกทั้งการนำไปถมที่เป็นการละทิ้งประโยชน์จากของเหลือทิ้งและไม่ได้ก่อให้เกิดการพัฒนาที่มีความยั่งยืน จึงได้มีแนวทางในการนำของเสียจากบริษัท สยามโตโยต้าอุตสาหกรรม จำกัด กลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์ให้งานคอนกรีต โดยอุตสาหกรรมการผลิตคอนกรีตผสมเสร็จนับเป็นทางเลือกของอุต-สาหกรรมที่ศักยภาพในการปรับเปลี่ยนของเสียหลายๆ ชนิด เช่น เถ้าลอย (Fly Ash) จากโรงผลิตไฟฟ้าจากถ่านหินลิกไนต์ เถ้าตะกรัน (Slag) จากโรงงานหลอมโลหะ เป็นต้น มาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้มากยิ่งขึ้น แต่การนำของเสียมาใช้จำเป็นต้องมีการพิจารณาในประเด็นของการ

ปรับปรุงคุณภาพของคอนกรีตที่ต้องมีคุณสมบัติที่ดีขึ้นตามไปด้วย และการนำมาใช้จะต้องสามารถนำมาใช้ได้โดยตรงและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพของวัตถุดิบน้อยที่สุด

ในการนำของเสียจากกระบวนการทำแบบหล่อชิ้นส่วนเครื่องยนต์ของบริษัท สยามโตโยต้าอุตสาหกรรม (จำกัด) ซึ่งวัตถุดิบส่วนใหญ่ในการทำแบบหล่อเป็นทรายที่นำเข้ามาจากประเทศออสเตรเลีย เนื่องจากมีคุณสมบัติที่เหมาะสมคือ ขนาดอนุภาคที่ใกล้เคียงกันและขนาดคละที่ได้มาตรฐานทำให้มีของเสียมีลักษณะเป็นผงฝุ่น ในปีๆ หนึ่งนับหลายพันตัน ผงฝุ่นทรายไส้แบบดังกล่าวสามารถจำแนกตามสายการผลิตออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่คือ ผงฝุ่นทรายไส้แบบจากกระบวนการทำแบบหล่อภายนอกได้ผงฝุ่นทรายไส้แบบกลุ่ม **G**reen **S**and and Molding **W**aste (GSW) จากการทำแบบหล่อภายในได้ผงฝุ่นทรายไส้แบบกลุ่ม **S**hell **S**and **W**aste (SSW) และจากการตบแต่งชิ้นส่วนได้ผงฝุ่นทรายไส้แบบกลุ่ม Finishing Waste ซึ่งมีปริมาณโดยเฉลี่ยที่เก็บรวบรวมจำนวน 240 ตันต่อเดือน แต่ในปัจจุบันทางบริษัทได้ทำการปรับปรุงประสิทธิภาพของการผลิตจนทำให้ทรายกลุ่มที่มาจากการตบแต่งชิ้นส่วนมีจำนวนลดลงมาก ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงนำผงฝุ่นทรายไส้แบบใน 2 กลุ่มแรกเนื่องจากมีปริมาณที่มากซึ่งได้แก่ **G**reen **S**and and Molding **W**aste (GSW) และ **S**hell **S**and **W**aste (SSW) มาทำการศึกษาผลกระทบที่มีต่อคุณสมบัติของคอนกรีตผสมเสร็จ

1.2 ประเด็นปัญหา

ในปัจจุบันผงฝุ่นทรายไส้แบบจากโรงงานหล่อชิ้นส่วนเครื่องยนต์ของบริษัท โตโยต้าอุตสาหกรรม (จำกัด) ทั้ง GSW และ SSW จะถูกนำไปกำจัดโดยการนำเข้าสู่กระบวนการผลิตปูนซีเมนต์และนำไปใช้ในการถมที่ (Landfill) ซึ่งไม่ได้ก่อให้เกิดประโยชน์เท่าที่ควรและอาจก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมจากสารพิษที่สะสมในธรรมชาติ จึงควรมีแนวทางที่ดีกว่าในการนำกลับมาใช้ในรูปแบบอื่น ซึ่งควรเป็นอุตสาหกรรมคอนกรีตผสมเสร็จ แต่ในปัจจุบันยังขาดงานวิจัยที่สนับสนุนการนำผงฝุ่นทรายไส้แบบในประเทศไทยมาใช้กับงานด้านคอนกรีตผสมเสร็จซึ่งโดยคุณสมบัติของตัววัตถุดิบมีศักยภาพที่จะนำมาใช้งานได้

ในการนำผงฝุ่นทรายไส้แบบมาใช้งานนั้นจำเป็นที่จะต้องพิจารณาใน 2 ประเด็นหลัก คือ

1. สารพิษที่ตกค้างในผงฝุ่นทรายไส้แบบซึ่งมีผลต่อสุขภาพของผู้ใช้เมื่อนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตคอนกรีตผสมเสร็จผสมเสร็จ แต่จากการทดสอบของทางบริษัท พบว่าสารพิษที่ตกค้างอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของกระทรวงอุตสาหกรรม

2. สิ่งที่ต้องคำนึงในการนำผงฝุ่นทรายไส้แบบแต่ละกลุ่มมาใช้เป็นส่วนประกอบในคอนกรีตผสมเสร็จคือ โดยปกติผงฝุ่นทรายไส้แบบจะผ่านกระบวนการที่ต่างกัน เช่น ความร้อนที่ทรายแบบหล่อได้รับ สารเคมีผสมเพิ่ม เป็นต้น ดังนั้นผงฝุ่นทรายไส้แบบจึงมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน การนำมาใช้ในงานทางด้านซีเมนต์จึงควรมีการศึกษาเบื้องต้นว่า ทรายกลุ่มใดที่มีศักยภาพในการใช้เป็นส่วนประกอบใดในคอนกรีตผสมเสร็จซึ่งมีทั้งปูนซีเมนต์ มวลรวมละเอียด และมวลรวมหยาบ โดยในที่นี้ได้พิจารณาเบื้องต้นในประเด็นของดัชนีการพัฒนากำลัง (**S**trength **A**ctivity **I**ndex, SAI) ที่อายุ 7 และ 28 วัน ซึ่งเป็นดัชนีเบื้องต้นที่นิยมใช้และทำการเปรียบเทียบกับมาตรฐาน ASTM C 618 ซึ่งใช้ในประเมินความเป็นไปได้ในการนำมาใช้แทนที่ (Replacement) ในปูนซีเมนต์เป็นอันดับแรก ทั้งนี้เพราะการแทนที่ในปูนซีเมนต์เป็นการสร้างมูลค่าเพิ่ม (Value Added) ให้กับของเสียที่นำมาใช้ในการผลิตคอนกรีตผสมเสร็จ โดยจากการทดสอบเบื้องต้น พบว่าค่าดัชนีการพัฒนากำลังของผงฝุ่นทรายไส้แบบกลุ่ม SSW ที่อายุ 7 และ 28 จะมีค่าร้อยละ 78 และ 82 ในขณะที่ผงฝุ่นทรายไส้แบบกลุ่ม GSW มีค่าร้อยละ 55 และ 60 ตามลำดับ ซึ่งในมาตรฐานดังกล่าวได้กำหนดว่าวัสดุที่จำนะมาใช้ทดแทนปูนซีเมนต์จะต้องมีค่าดัชนีการพัฒนากำลังที่อายุ 7 และ 28 วัน ตามลำดับ ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 75 ของปูนซีเมนต์ล้วน แต่กระนั้นคุณสมบัติที่สำคัญและมีผลต่อคุณสมบัติของคอนกรีตผสมเสร็จคือ การสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการเผาไหม้ (Loss on Ignition, LOI) และความต้องการน้ำ (Water Requirement) ซึ่งผงฝุ่นทรายไส้แบบกลุ่ม SSW มีค่าร้อยละ 0.87 และร้อยละ 102 ของตัวอย่างควบคุม (ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ล้วน) ตามลำดับ ส่วนกลุ่ม GSW มีค่าร้อยละ 1.00 และร้อยละ 106 ของตัวอย่างควบคุม ตามลำดับ ดังนั้นจึงมีเพียง SSW ที่มีแนวโน้มที่จะนำมาใช้ทดแทนในปูนซีเมนต์ ในขณะที่ GSW ซึ่งมีคุณสมบัติไม่ผ่านข้อกำหนดก็มีทางเลือกในการนำมาแทนที่ในทรายธรรมชาติ โดยคำนึงถึงคุณสมบัติที่ต้องพิจารณาอาทิเช่น การกระจายขนาดคละของมวลรวมละเอียดที่ต้องเป็นไปตามาตรฐาน ASTM C 33 (Standard Specification for Concrete Aggregates)

1.3 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้

1. ศึกษาคุณสมบัติพื้นฐานซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพของผงฝุ่นทรายไส้แบบ
2. ศึกษาผลกระทบของผลฝุ่นทรายไส้แบบกลุ่ม GSW และ SSW ที่มีต่อคุณสมบัติของคอนกรีตผสมเสร็จที่ไม่มีสารผสมเพิ่ม โดยทำการแทนที่ SSW ในปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 และทำการแทนที่ GSW ในมวลรวมละเอียด (ทรายธรรมชาติ)

3. นำผลการศึกษามาประเมินเพื่อเลือกหาลักษณะและปริมาณการใช้ผงฝุ่นทรายไส้แบบการผลิตคอนกรีตผสมเสร็จ

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการศึกษา

1. เป็นการนำผงฝุ่นทรายไส้แบบจากโรงงานผลิตชิ้นส่วนเครื่องยนต์ทั้งกลุ่ม GSW และ SSW กลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงที่สุด

2. จากการศึกษาเบื้องต้น พบว่าคุณสมบัติเฉพาะของผงฝุ่นทรายไส้แบบอาทิเช่น ความละเอียด ซึ่งอาจมีส่วนช่วยปรับปรุงคุณสมบัติของคอนกรีตผสมเสร็จ

3. เพื่อลดปริมาณการใช้ปูนซีเมนต์ อันเป็นการลดการใช้ทรัพยากรซึ่งได้แก่ หินปูนที่จะนำมาทำปูนซีเมนต์

4. เป็นการรักษาสภาพสิ่งแวดล้อมจากการนำ GSW และ SSW ไปใช้ในการถมที่เป็นส่วนใหญ่ อันอาจก่อให้เกิดสภาพเป็นพิษสะสมจากปริมาณสารที่ตกค้างอยู่

5. เป็นการกระตุ้นให้โรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ ที่มีของเหลือทิ้งและไม่ได้ใช้ประโยชน์อยู่เป็นจำนวนมากให้หันกลับมาใช้ของเหลือทิ้งแทนการปล่อยให้อยู่ในสิ่งแวดล้อมโดยเปล่าประโยชน์

1.5 ขอบเขตของการศึกษา

งานวิจัยนี้มีขอบเขตการศึกษาดังต่อไปนี้

1. แหล่งที่มาของผงฝุ่นทรายไส้แบบกลุ่ม **G**reen **S**and and Molding **W**aste (GSW) และ **S**hell **S**and **W**aste (SSW) จากบริษัท สยามโตโยต้าอุตสาหกรรม (จำกัด) จังหวัดชลบุรี

2. ตัวแปรที่ใช้ในของการศึกษาคือ ปริมาณการแทนที่ของผงฝุ่นทรายไส้แบบกลุ่ม SSW ในปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 โดยน้ำหนัก ที่อัตราส่วนร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 และปริมาณการแทนที่ GSW ในทรายธรรมชาติที่อัตราส่วนร้อยละ 0, 5, 10 และ 15 โดยน้ำหนักตามลำดับ

3. คุณสมบัติคอนกรีตผสมเสร็จมีขอบเขตดังต่อไปนี้

3.1 คอนกรีตผสมเสร็จ เป็นคอนกรีตปกติที่ไม่มีสารผสมเพิ่มเป็นส่วนประกอบ

3.2 ปริมาณปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ในคอนกรีตหนึ่งลูกบาศก์เมตร เท่ากับ 300, 350 และ 400 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ

3.3 ค่าการยุบตัวเริ่มต้น (Initial Slump) ของคอนกรีตเท่ากับ 5 ± 0.5, 10 ± 0.5 และ 15 ± 0.5 เซนติเมตร ตามลำดับ

4. การวิเคราะห์คุณสมบัติของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 และ GSW กับ SSW ประกอบด้วยองค์ประกอบทางเคมีอาทิเช่น ซิลิคอนไดออกไซด์ (SiO_2) อะลูมิเนียมไดออกไซด์ (Al_2O_3) ไอรอนออกไซด์ (Fe_2O_3) แคลเซียมออกไซด์ (CaO) เป็นต้น และคุณสมบัติทางกายภาพได้แก่ ความถ่วงจำเพาะ ความหนาแน่นรวม (Bulk Density) พื้นที่ผิวจำเพาะในรูปของความละเอียดด้วยวิธีเบลน (Blaine Fineness) ปริมาณความชื้น (Moisture Content) การกระจายขนาดคละของอนุภาค (Particle Size Distribution) ลักษณะของอนุภาคจากเทคนิค **S**canning **E**lectron **M**icroscope (SEM) และความเป็นผลึกด้วยเทคนิค X-Ray Diffraction และดัชนีพัฒนากำลัง (**S**trength **A**ctivity **I**ndex, SAI)

5. การทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีตสดประกอบด้วย ค่าการยุบตัวเริ่มต้น (Initial Slump) การสูญเสียค่าการยุบตัว (Slump Loss) หน่วยน้ำหนักของคอนกรีตในสภาวะสด (Unit Weight) และระยะเวลาในการก่อตัวเริ่มต้นและสุดท้าย (Initial and Final Setting Times)

6. การทดสอบคุณสมบัติทางกลของคอนกรีต ได้แก่ กำลังรับแรงอัดและแรงดึงแบบผ่าซีก (Compressive and Splitting Tensile Strengths) ที่อายุ 3, 7, 28, 60, 90, 120 และ 180 วัน ตามลำดับ และโมดูลัสยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity) ที่อายุ 28 วัน

7. การทดสอบคุณสมบัติด้านความทนทานของคอนกรีตได้แก่ การขยายตัวในน้ำ (Expansion in Water) การหดตัวแบบแห้ง (Drying Shrinkage) ทั้งในรูปของการหดตัวและการสูญเสียน้ำหนัก ความทนทานต่อการกระทำเนื่องจากสารละลายโซเดียมซัลเฟต (Sodium Sulfate, Na_2SO_4) ที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก (แนวทางจากมาตรฐาน ASTM C 1012 (Standard Test Method for Length Change of Hydraulic-Cement Mortar Exposed to A Sulfate Solution)) ในรูปของการยืด/หดตัว และความทนทานต่อการกัดกร่อนเนื่องจากกรดซัลฟุริก (H_2SO_4) และอะซิติก (CH_3COOH) ที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 นอร์มอลิตี้ (Normality, N) ซึ่งมีค่าความเป็นกรดด่าง (pH) เท่ากับ 0.66 และ 2.56 ตามลำดับ ในรูปของการสูญเสียน้ำหนักที่อายุของการบ่มในสารละลายกรดเท่ากับ 3, 7, 28, 60, 90 และ120 วัน ตามลำดับ