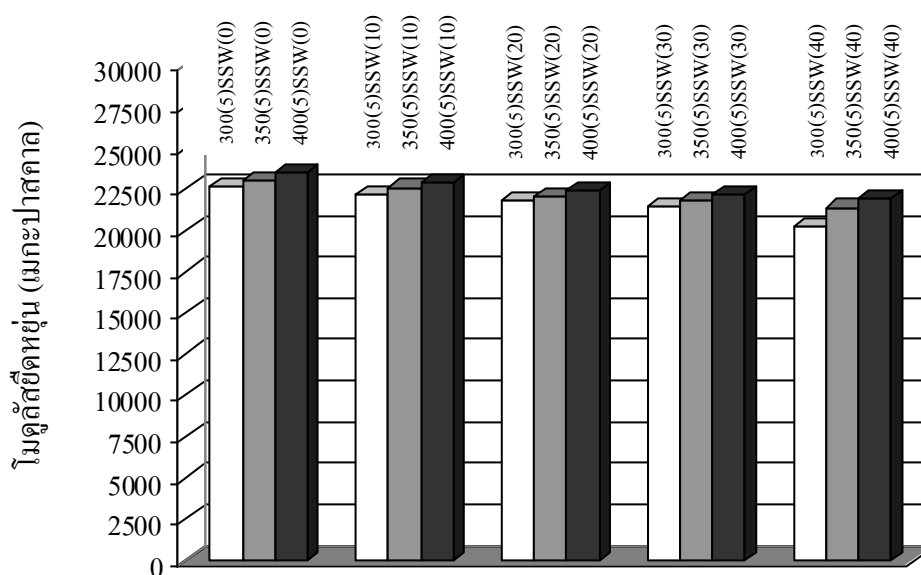


5.3.4 โมดูลัสยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity)

ผลการทดสอบค่าโมดูลัสยืดหยุ่นที่ 28 วัน ของคอนกรีตผสมเสร็จซึ่งทำการแทนที่ผงฝุ่นทราย ไล่แบบในปูนซีเมนต์เท่ากับร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 โดยน้ำหนัก แสดงในภาพที่ 5.86 ถึง 5.88 สำหรับค่าการยุบตัวของคอนกรีตเท่ากับ 5 ± 0.5 , 10 ± 0.5 และ 15 ± 0.5 ซม. ตามลำดับ พบว่าเมื่อ ร้อยละของการแทนที่ผงฝุ่นทรายไล่แบบในปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นมีค่าลดลงเช่นเดียวกับกำลังรับแรงอัดและแรงดึงแบบผ่าซีก ยกตัวอย่างเช่น คอนกรีตปกติที่มีปริมาณปูนซีเมนต์เท่ากับ 300 กก./ม.³ และค่าการยุบตัวเริ่มต้นเท่ากับ 5 ± 0.5 ซม. มีค่าโมดูลัสยืดหยุ่นเท่ากับ 22,589 เมกะปาสคาล ในขณะที่คอนกรีตผสมผงฝุ่นทรายไล่แบบที่ร้อยละ 10, 20, 30 และ 40 มีค่าเท่ากับ 22,170, 21,799, 21,445 และ 20,259 เมกะปาสคาล ตามลำดับ เป็นต้น ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากการแทนที่ผงฝุ่นทรายในปริมาณที่เพิ่มขึ้นเท่ากับเป็นการลดปริมาณ ปูนซีเมนต์ซึ่งจะส่งผลต่อปริมาณของแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรตที่ลดลงทำให้กำลังรับแรงลดลง (โมดูลัสยืดหยุ่นลดลง) ดังจะพิจารณาผลในลักษณะเดียวกับการเพิ่มของปริมาณปูนซีเมนต์ใน คอนกรีตเป็น 350 และ 400 กก./ม.³ จะทำให้ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นมีค่าเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

เมื่อพิจารณาปัจจัยที่มีผลต่อค่าโมดูลัสที่ 28 วันของคอนกรีตเปรียบเทียบกับมาตรฐาน ACI 318-02 (Building Code Requirements for Structural Concrete) ซึ่งกำหนดไว้คือ ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น ในหน่วยปอนด์ต่อตารางนิ้วของคอนกรีตที่มีค่าหน่วยน้ำหนักอยู่ระหว่าง 90 ถึง 155 ปอนด์ต่อ ลูกบาศก์ฟุตดังแสดงในสมการที่ (5.2) พบว่าค่าโมดูลัสยืดหยุ่นมีความสัมพันธ์กับกำลังรับแรงอัดที่ อายุ 28 วัน (f'_c) และหน่วยน้ำหนัก (Unit Weight) ของคอนกรีต โดยคอนกรีตผสมผงฝุ่นทรายไล่ แบบคุณสมบัติทั้งค่าหน่วยน้ำหนักและกำลังรับแรงอัดที่อายุ 28 วัน ลดลงเมื่อสัดส่วนของผงฝุ่น ทรายไล่แบบเพิ่มขึ้นทำให้โมดูลัสยืดหยุ่นมีค่าลดลง

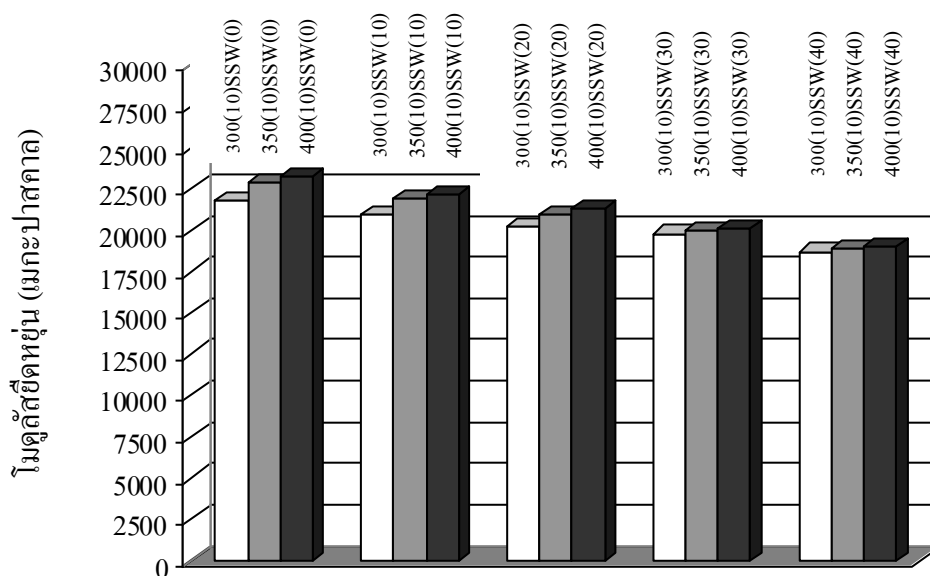
$$E_c = W_c^{1.5} 33 \sqrt{f'_c} \quad (5.2)$$



ภาพที่ 5.86 โมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตผสมเสร็จในสภาพสด โดยกำหนดค่าการยุบตัวเริ่มต้น (Initial Slump) เท่ากับ 5 ± 0.5 ซม.

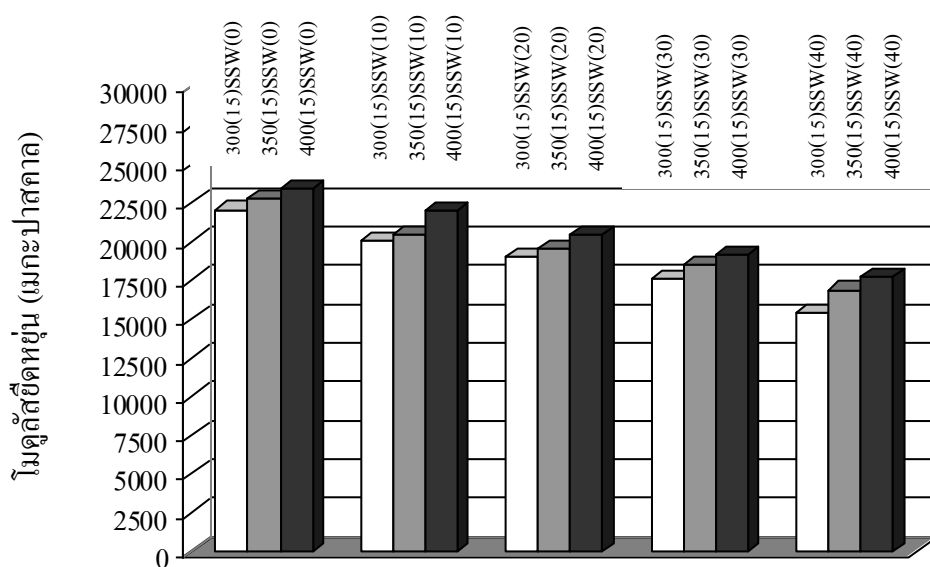
หมายเหตุ สัญลักษณ์ $X(Y)SSW(Z)$ คือ คอนกรีตผสมเสร็จที่กำหนดปริมาณปูนซีเมนต์เท่ากับ X กก./ม.³ ค่าการยุบตัวเริ่มต้น $Y \pm 0.5$ ซม. และทำการแทนที่ผงฝุ่นทรายใส่แบบกลุ่ม SSW ในปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ที่ร้อยละ Z โดยน้ำหนัก

สำหรับคอนกรีตที่มีค่าการยุบตัวเพิ่มขึ้นเป็น 10 ± 0.5 และ 15 ± 0.5 ซม. ดังแสดงผลในภาพที่ 5.87 และ 5.88 ตามลำดับ พบว่าการเพิ่มขึ้นของสัดส่วนของผงฝุ่นทรายใส่แบบกลุ่ม SSW ในปูนซีเมนต์ทำให้ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นลดลงเช่นเดียวกัน และสำหรับคอนกรีตที่ผสมผงฝุ่นทรายใส่แบบและกำหนดค่าการยุบตัวเริ่มต้นเท่ากับ 15 ± 0.5 ซม. มีค่าโมดูลัสยืดหยุ่นลดลงในสัดส่วนที่มากกว่าคอนกรีตที่ค่าการยุบตัวเท่ากับ 5 ± 0.5 และ 10 ± 0.5 ซม. นอกจากนั้นคอนกรีตที่มีปริมาณปูนซีเมนต์เท่ากันมีค่าโมดูลัสยืดหยุ่นลดลงเมื่อค่าการยุบตัวเพิ่มขึ้น (ปริมาณน้ำเพิ่มขึ้น) ทั้งนี้เป็นเพราะความพรุนของโครงสร้างในคอนกรีตที่เพิ่มขึ้นทำให้ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของซีเมนต์เพสต์ลดลง (Sidney M. et al., p. 312)



ชนิดของคอนกรีตผสมเสร็จผสมผงฟูทรายได้แบบกลุ่ม SSW

ภาพที่ 5.87 โมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตผสมเสร็จในสภาพสด โดยกำหนดค่าการยุบตัวเริ่มต้น (Initial Slump) เท่ากับ 10 ± 0.5 ซม.

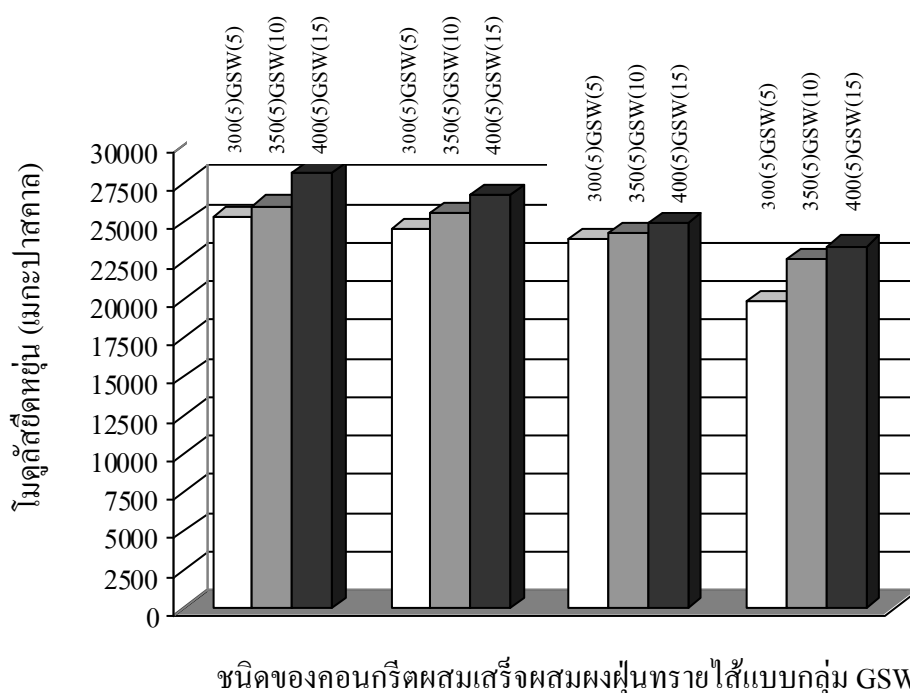


ชนิดของคอนกรีตผสมเสร็จผสมผงฟูทรายได้แบบกลุ่ม SSW

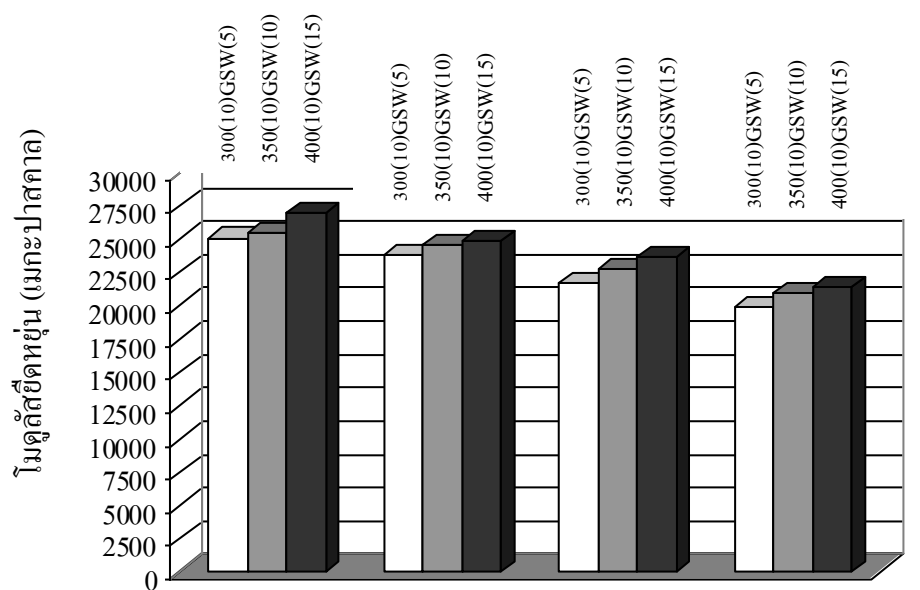
ภาพที่ 5.88 โมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตผสมเสร็จในสภาพสด โดยกำหนดค่าการยุบตัวเริ่มต้น (Initial Slump) เท่ากับ 15 ± 0.5 ซม.

หมายเหตุ สัญลักษณ์ $X(Y)SSW(Z)$ คือ คอนกรีตผสมเสร็จที่กำหนดปริมาณปูนซีเมนต์เท่ากับ X กก./ม.³ ค่าการยุบตัวเริ่มต้น $Y \pm 0.5$ ซม. และทำการแทนที่ผงฟูทรายได้แบบกลุ่ม SSW ในปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ที่ร้อยละ Z โดยน้ำหนัก

เมื่อพิจารณาค่าโมดูลัสยืดหยุ่นที่ 28 วัน ของคอนกรีตผสมเสร็จซึ่งทำการแทนที่ผงฝุ่นทรายไส้แบบกลุ่ม GSW ในทรายธรรมชาติ ดังแสดงในภาพที่ 5.89 ถึง 5.91 พบว่าคอนกรีตมีค่าโมดูลัสยืดหยุ่นลดลงเมื่อเพิ่มสัดส่วนของผงฝุ่นทรายไส้แบบดังเช่นคอนกรีตผสมผงฝุ่นทรายไส้แบบกลุ่ม SSW และมีการลดลงในสัดส่วนที่มากเมื่อเพิ่มการแทนที่ของผงฝุ่นทรายไส้แบบเท่ากับร้อยละ 15 โดยน้ำหนัก เนื่องจากอนุภาคส่วนที่ละเอียดของผงฝุ่นทรายไส้แบบเป็นตัวทำให้ความต่อเนื่องของโครงสร้างแคลเซียมซิลิเกตลดลง โดยคอนกรีตที่มีปริมาณปูนซีเมนต์เท่ากับ 300 กก./ม.³ และมีการยุบตัวเริ่มต้นเท่ากับ 5 ± 0.5 ซม. (ภาพที่ 5.89) มีเท่ากับ 19,898 เมกะปาสกาล ในขณะที่คอนกรีตปกติมีค่าเท่ากับ 22,589 เมกะปาสกาล นอกจากนี้การเพิ่มขึ้นของปริมาณปูนซีเมนต์ทำให้ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นเพิ่มตามกำลังของซีเมนต์เพสต์และการยึดเหนี่ยวกับมวลรวม และการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำทำให้ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นลดลงตามไปด้วย ด้วยเหตุผลดังกล่าวข้างต้น

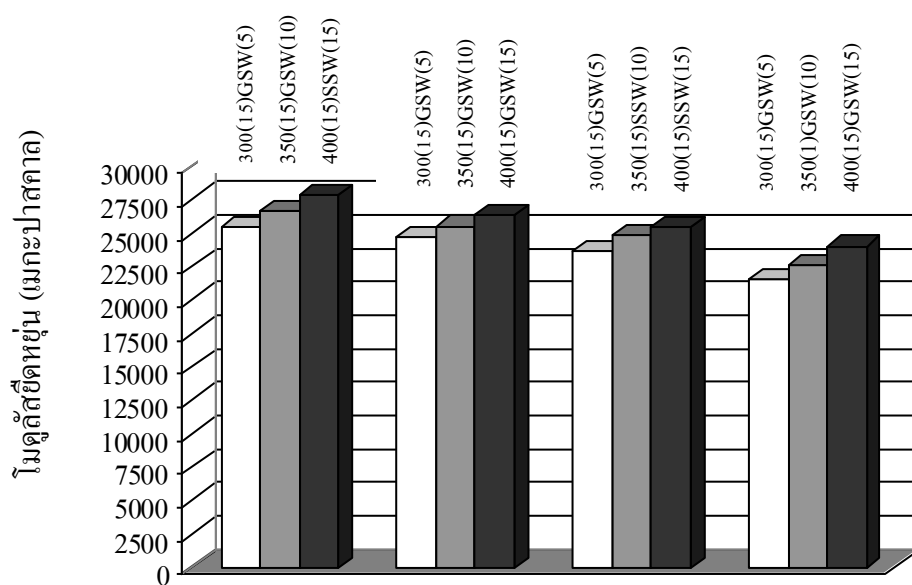


ภาพที่ 5.89 โมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตผสมเสร็จในสภาพสด โดยกำหนดค่าการยุบตัวเริ่มต้น (Initial Slump) เท่ากับ 5 ± 0.5 ซม.



ชนิดของคอนกรีตผสมเสร็จผสมผงฟูทรายได้แบบกลุ่ม GSW

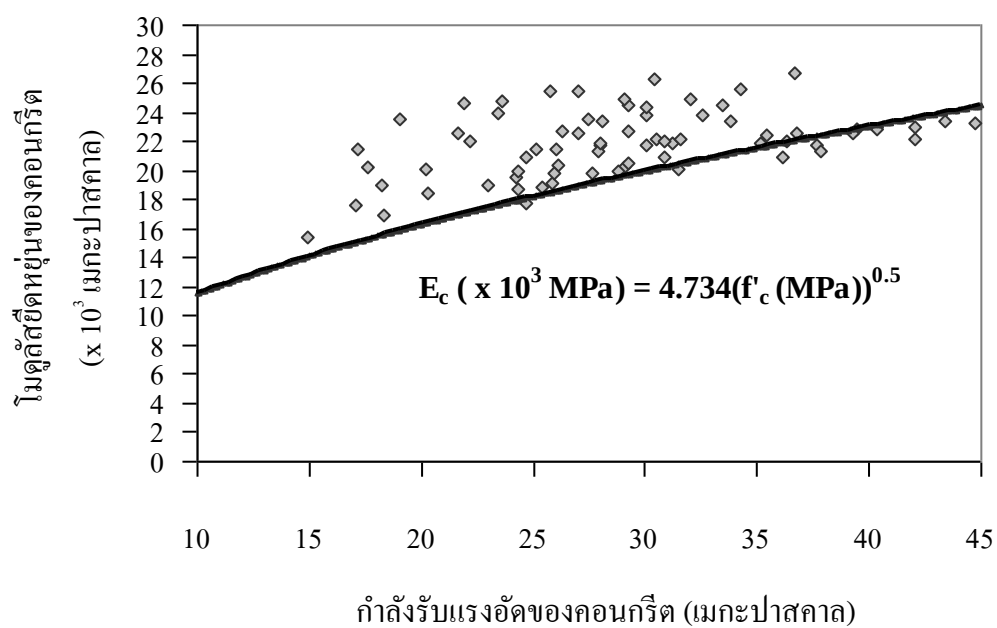
ภาพที่ 5.90 โมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตผสมเสร็จในสภาพสด โดยกำหนดค่าการยุบตัวเริ่มต้น (Initial Slump) เท่ากับ 10 ± 0.5 ซม.



ชนิดของคอนกรีตผสมเสร็จผสมผงฟูทรายได้แบบกลุ่ม GSW

ภาพที่ 5.91 โมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตผสมเสร็จในสภาพสด โดยกำหนดค่าการยุบตัวเริ่มต้น (Initial Slump) เท่ากับ 15 ± 0.5 ซม.

จากภาพความสัมพันธ์ในภาพที่ 5.92 พบว่าคอนกรีตผสมเสร็จทั้งคอนกรีตปกติและที่ผสมผงฟูนทรายไส้แบบส่วนใหญ่มีค่าโมดูลัสยืดหยุ่นที่ 28 วัน สูงกว่าที่มาตรฐานกำหนด ในขณะที่คอนกรีตที่มีสัดส่วนการแทนที่ของผงฟูนทรายไส้แบบบางส่วนมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานเล็กน้อย



ภาพที่ 5.92 ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตที่ 28 วัน เปรียบเทียบกับมาตรฐาน ACI 318