บทที่ 1
บทนำ

1.1 บทนำ

การก่อสร้างในปัจจุบันได้มีการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นเป็นลำดับทั้งในด้านการออกแบบ วิธีการก่อสร้าง และวัสดุก่อสร้าง ในส่วนวัสดุก่อสร้าง คอนกรีตถือเป็นวัสดุที่สำคัญมากในการก่อสร้าง ในปัจจุบันการพัฒนาคุณภาพของงานคอนกรีต มีความจำเป็นที่จะต้องให้มีคุณภาพสูงขึ้นเป็นลำดับ และสามารถปรับแต่งคุณสมบัติให้เหมาะสมกับการใช้งานในทุกสภาพ เช่นในขณะที่เป็นคอนกรีตเหลว จะต้องสามารถทำงานได้สะดวกในการเทและการทำให้แน่นรวมทั้งการใช้ปั๊มคอนกรีตคุณภาพสูงจะต้องสามารถทำงานได้โดยง่ายไม่เกิดการแยกตัว และเมื่อเป็นคอนกรีตที่แข็งตัวแล้วก็จะต้องมีคุณสมบัติ รับกำลังอัดได้สูงตามที่ต้องการและปราศจากรอยแตกร้าวจากการหดตัว รวมทั้งมีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมต่างๆ ได้ดี

การพัฒนาคอนกรีต เพื่อให้ได้คุณสมบัติดังกล่าวข้างต้น ได้มีการศึกษาวิจัย และให้คำนิยามเรียกว่าคอนกรีตคุณภาพสูง (High Performance Concrete, HPC) ในสหรัฐอเมริกา NIST/ACI [1] ได้กำหนดคุณสมบัติที่สำคัญของ HPC ไว้ดังนี้

- มีความสามารถเทได้สูง ง่ายต่อการเทลงในแบบหล่อและการทำให้แน่นโดยปราศจากการแยกตัว
- กำลังรับแรงอัดของตัวอย่างรูปทรงกระบอกที่อายุ 28 วัน มากกว่าหรือเท่ากับ 700 กก.ต่อ ตร.ซม.
- กำลังรับแรงอัดในช่วงอายุเริ่มแรกมีค่าสูง กล่าวคือ คอนกรีตที่อายุ 24 ชม. หลังจากการหล่อ จะต้องมีกำลังรับแรงอัดทรงกระบอก มากกว่าหรือเท่ากับ 350 กก./ซม.^{2} และที่อายุ 4 ชั่วโมง มากกว่า 200 กก./ซม.^{2}
- มีปริมาตรคงที่มีเสถียรของมิติ อัตราการซึมผ่านต่ำ มีการแตกร้าวและการหดตัวของคอนกรีตน้อย
- มีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่รุนแรง เช่น งานก่อสร้างในทะเลและจากสารเคมีเป็นต้น
- ค่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์น้อยกว่า 0.35

ส่วนในยุโรป ประเทศในกลุ่มสแกนดิเนเวีย ได้เริ่มทำการศึกษาค้นคว้า เพื่อผลิตคอนกรีตที่มีกำลังสูงมีความทนทานสูง เพื่อใช้ในโครงการต่างๆ [31] โดยกำหนดคุณสมบัติของคอนกรีตคุณภาพสูงในกลุ่ม FIP/CEB [28] ไว้ดังนี้

- กำลังรับแรงอัดของตัวอย่างรูปทรงกระบอกที่อายุ 28 วัน มากกว่า 600 กก/ตร.ซม.
- กำลังรับแรงอัดที่อายุ 24 ชม. ควรจะมีค่าเกินกว่าร้อยละ 50 ของที่อายุ 28 วัน
- มีช่วงระยะเวลาที่จะทำงานได้มากกว่า 1.5 ชม.

- คอนกรีตจะต้องมีการไหลลื่น โดยมีค่าการไหลแผ่จากการทดสอบค่าการไหล (Flow Table) 50-60 ซม และค่าการยุบตัว (Slump) ไม่น้อยกว่า 20 ซม.

- จะต้องไม่มีการแยกตัวของคอนกรีต มีการหดตัวน้อย ทึบน้ำ มีความทนทานสูง และไม่มีรอยแตกร้าวที่ผิวคอนกรีต

ตารางที่ 1.1 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติของคอนกรีตคุณภาพสูงจากกลุ่มต่างๆ

อเมริกา NIST/ACI	ยุโรป FIP/CEB	ญี่ปุ่น JSCB	ข้อกำหนดในงานวิจัย PROPOSE
-มีความสามารถเทได้สูง	-ค่าการยุบตัวมากกว่า20 ซม. -ค่าการไหลแผ่ 50-60 ซม. -มีระยะเวลาทำงานได้มากกว่า 1.5 ซม. -เนื้อคอนกรีตไม่แยกตัว	-มีการไหลตัวที่ดี ไม่ต้องเขย่าและกระทุ้ง -ไม่มีการแยกตัว	-ค่าการยุบตัวมากกว่า20 ซม. -ค่าการไหลแผ่ 50-60 ซม. -มีระยะเวลาทำงานได้มากกว่า 1.5 ซม. -เนื้อคอนกรีตไม่แยกตัว
-กำลังรับแรงอัดที่ 4ชม. $\geq$ 200 กก/ซม^2 24ชม. $\geq$ 350 กก/ซม^2 28 วัน. $\geq$ 700 กก/ซม^2	-กำลังรับแรงอัดที่ 24ชม. $\geq$ 50% ของ 28วัน 28 วัน. $\geq$ 600 กก/ซม^2	-กำลังรับแรงอัดได้ตามที่ออกแบบ	-กำลังรับแรงอัดที่ 24ชม. $\geq$ 50% ของ 28วัน 28 วัน. $\geq$ 600 กก/ซม^2
-การแตกร้าวและการหดตัวน้อย -อัตราการซึมผ่านต่ำ -มีความทนทานต่อสภาพแวดล้อม	-ไม่มีรอยแตกร้าวที่ผิว -มีความทึบน้ำ -มีความทนทานสูง	-มีการหดตัวน้อย -มีความทึบน้ำ -มีความทนทานสูง	-มีค่าการหดตัวต่ำ -อัตราการซึมผ่านต่ำ -มีความทนทานต่อสภาพแวดล้อม

สำหรับในประเทศญี่ปุ่น[5,12,13] การพัฒนาคอนกรีตคุณภาพสูงจะเน้นคอนกรีตที่มีการไหลได้ดีและมีโพรงอากาศในเนื้อคอนกรีตน้อย ขจัดปัญหารูพรุน ซึ่งเกิดจากการแยกตัวของมวลรวม โดยใช้ปริมาณของมวลรวมละเอียดในสัดส่วนที่มาก เพื่อแทรกอยู่ระหว่างช่องว่างของมวลรวม ช่วยลดช่องว่าง อันเป็นผลให้เกิดการทึบน้ำ และเนื้อคอนกรีตแน่น โดยใช้วัสดุผสมเพิ่มรวมกับสารเคมีลดปริมาณน้ำเพื่อปรับปรุงคุณภาพด้านการไหลตัวโดยไม่เน้นกำลังรับแรงอัดสูงเป็นหลัก ซึ่งข้อกำหนดใน JSCB [5] ได้กำหนดคุณสมบัติไว้ดังนี้

- จะต้องมีการไหลลื่นที่ดี สามารถเทลงในแบบหล่อได้ทุกซอกทุกมุม โดยปราศจากการเขย่าหรือการทำให้แน่น มีค่าการยุบตัวสูง

- ส่วนผสมมีการยึดเหนี่ยวกันดี ไม่มีการแยกตัวของมวลรวม

- มีความทนทานสูง ทึบน้ำ หดตัวน้อย และปราศจากรอยแตกร้าวที่ผิวรวมทั้งมีกำลังรับแรงอัดได้ตามต้องการ

การผลิตคอนกรีตคุณภาพสูง (HPC) นั้นได้พัฒนามาจากคอนกรีตกำลังสูง (High Strength Concrete) ซึ่งจะทำได้ก็ต้องควบคุมวัสดุส่วนผสม และขบวนการผลิตเป็นอย่างดี จึงจะได้คอนกรีตที่มีกำลังสูงตามต้องการ โดยทั่วไปก็จะพิจารณาลดสัดส่วนน้ำต่อซีเมนต์ ให้น้อยลง แต่ก็จะมีผลทำให้ได้คอนกรีตที่ทำงานยาก เพราะมีค่าความยุบตัวต่ำ จึงมีความจำเป็นที่จะต้องใช้สารเคมีผสมเพิ่ม เช่น สารลดปริมาณน้ำ (Superplasticizer) และวัสดุผสมจำพวก ซิลิก้าฟูม(Silica Fume) และ ขี้เถ้าลอย(Fly Ash) เพื่อช่วยทำให้เกิดความไหลลื่น เพื่อให้สามารถทำงานได้ง่าย เทเข้าแบบได้ดี ใช้พลังงานน้อย ซึ่งจะเป็นผลให้คอนกรีต มีกำลังสูงมีความทนทาน ทึบน้ำ และมีคุณภาพที่ดีขึ้น

โดยการผลิตคอนกรีตคุณภาพสูงจะต้องมีการเพิ่มเติมหลักการ จากวิธีการปรกติในการผลิตคอนกรีตกำลังสูงขึ้นมาบ้าง โดยเฉพาะในส่วนที่เกี่ยวกับวัสดุพื้นฐาน คือ หิน ทราย และสัดส่วนการผสม อันได้แก่ ขนาดคละของมวลรวมหินทราย และสัดส่วนของทรายต่อมวลรวม (S/A) ที่เหมาะสม ซึ่งมีผลต่อคุณสมบัติการไหลตัวและการยึดเหนี่ยวของเนื้อคอนกรีต โดยอาจจะต้องใช้สารเคมีผสมเพิ่มในปริมาณที่เหมาะสม เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติของคอนกรีต ให้เป็นไปตามที่ต้องการดังที่ได้กล่าวมาในข้างต้น

ในการศึกษาครั้งนี้ได้มุ่งเน้นในการปรับปรุงขนาดคละของมวลรวมร่วมกับปริมาณสารผสมเพิ่มที่เหมาะสมเพื่อให้ได้คอนกรีตที่มีคุณสมบัติเหลวมีความสามารถเทได้สูง ค่ายุบตัวมากกว่า 20 ซม.มีค่าการไหลแผ่ 50-60 ซม. และปราศจากการแยกตัว และให้คุณสมบัติของคอนกรีตแข็งที่มีกำลังอัดรูปทรงกระบอกที่อายุ 24 ชม.และ 28 วัน เกินกว่า 300 และ 600 กก./ตร.ซม.ตามลำดับ โดยในงานวิจัยนี้จะเน้นในด้านคุณสมบัติของ คอนกรีตในสภาพเหลว

1.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาและวิจัยเกี่ยวกับคอนกรีตได้มีการพัฒนาต่อเนื่องมาในอดีตนับแต่ช่วงต้นคริสศตวรรษที่ 19 ซึ่งในปี คศ.1907 Fuller and Tompson [27] ได้เริ่มเสนอหลักการเกี่ยวกับเส้นโค้งแสดงขนาดคละ (Grading Curve) ของมวลรวม ซึ่งพิจารณาลักษณะของวัสดุผสมบนพื้นฐานของ การคำนวณในรูปกราฟแสดงขนาดคละของมวลรวม ซึ่งมีลักษณะเป็น พาลาโบลา (Parabolic Grading) ซึ่งในทางปฏิบัติพบว่ายังไม่เหมาะสมกับการใช้งานนัก และจากประสบการณ์ในทางปฏิบัติที่ผ่านมา ASTM C33 [20] ได้เสนอข้อกำหนดขนาดคละของมวลรวมที่เหมาะสมกับการใช้งาน ดังที่ใช้กันในปัจจุบัน และต่อมาในปี 1919 Duff Abrams [25,27] นำเสนอกฎของอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (Water/Cement Ratio) ที่มีผลต่อกำลังรับแรงของคอนกรีต โดยปริมาณน้ำที่ต้องการสำหรับการผสมคอนกรีตมีความสัมพันธ์ กับขนาดคละของมวลรวม, ขนาดโตสุดของวัสดุผสม และค่าโมดูลัสความละเอียด ซึ่งเป็นพื้นฐานในการพัฒนาวิธีการออกแบบส่วนผสมคอนกรีตดังเช่นวิธีการของ ACI [21]

ในการศึกษาวิจัยถึงส่วนผสมของคอนกรีต ที่ให้คุณสมบัติของคอนกรีตที่ดีในด้านความสามารถ

ทำงานได้นั้น PowersT.C.[23] ได้พบว่าปริมาณซีเมนต์เพสท์มีผลต่อความสามารถทำงานได้ของคอนกรีตสด รวมทั้ง เปอร์เซนต์ของทราย(Percentage of Sand) ที่เหมาะสมจะช่วยลดปริมาณของซีเมนต์เพสท์ที่ต้องใช้ลงมา โดยให้คุณสมบัติความสามารถเทได้คงที่ ในการพัฒนาคุณภาพของคอนกรีตในด้านต่างๆ ได้มีการศึกษาพบว่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (W/C Ratio) เป็นตัวแปรหนึ่งที่สำคัญที่จะกำหนดความแข็งแรงของคอนกรีต [17] ซึ่งถ้าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์นี้ยิ่งมีค่าต่ำลง ก็จะทำให้กำลังรับแรงอัดสูงขึ้น แต่ในขณะเดียวกันคอนกรีตก็จะทำงานได้ยากขึ้น จึงมีการใช้สารเคมีผสมเพิ่ม เข้ามาช่วยในการปรับปรุงคุณภาพของคอนกรีต เพื่อให้มีความสามารถในการทำงานได้ดีขึ้นรวมทั้งกำลังรับแรงอัดที่สูงขึ้นด้วย ซึ่งสารเคมีผสมเพิ่มที่นิยมใช้กันได้แก่ สารลดปริมาณน้ำอย่างมาก (Superplasticizer), ซิลิก้าฟูม(Silica Fume),และขี้เถ้าลอย(Fly Ash) เป็นต้น ซึ่งในการพัฒนาคอนกรีตกำลังสูง (High Strength Concrete) Yogendram [18] แนะนำให้ใช้ปริมาณ Silica Fume เท่ากับ 15% เป็นค่าที่เหมาะสม M.Maage [15] ได้ศึกษาถึงผลกระทบของ ซิลิก้าฟูม (Silica Fume) ที่มีต่อกำลังของคอนกรีตในระยะยาวพบว่าการใช้ ซิลิก้าฟูม (Silica Fume) ไม่ทำให้การรับกำลังของคอนกรีตในระยะยาวแตกต่างไปจากคอนกรีตธรรมดา

Johansan [8] ได้ทำการศึกษาถึงการปรับปรุงความสามารถเทได้(Workability) ของคอนกรีตกำลังสูง (High Strength Concrete) โดยใช้สารเคมีผสมเพิ่มลดปริมาณน้ำ (Superplasticizer) และ ซิลิก้าฟูม (Silica Fume) พบว่าจะเพิ่มความสามารถเทได้ของคอนกรีตได้โดยการเพิ่มอัตราส่วนซีเมนต์เพสท์ต่อมวลรวม (Paste/Aggregate Ratio) และเพิ่มปริมาณซิลิก้าฟูม (Silica Fume Content) แต่การใช้ปริมาณสารลดปริมาณน้ำ (Superplasticizer) และ ซิลิก้าฟูม (Silica Fume) ในอัตราที่สูงเกินไปจะมีผลให้มีการสูญเสียความสามารถทำงานได้ (Workability Loss) เร็วมากขึ้น Andrew ,W.F.Yap [16] แนะนำว่าการปรับปรุง ความสามารถทำงานได้ (Workability) ของคอนกรีตให้มีลักษณะคอนกรีตไหล (Flowing Concrete) ควรมีค่าการไหลแผ่จากการทดสอบการไหล (Flow Table)อยู่ประมาณ 51-62 cm. ในการใช้วัสดุผสมเพิ่มขี้เถ้าลอย(Fly Ash)เพื่อปรับปรุงคุณภาพของคอนกรีตพบว่าปริมาณการใช้ขี้เถ้าลอย (Fly Ash) สูงสุดที่ใช้แทนที่ปูนซีเมนต์ควรอยู่ระหว่าง 25-30% โดยน้ำหนัก [37]

จากการวิจัยและพัฒนาคอนกรีตกำลังสูงในอดีตพบว่า คุณสมบัติทางด้านการรับกำลังของคอนกรีตเพียงอย่างเดียว ยังไม่เพียงพอต่อความต้องการในการใช้งานคอนกรีตในทางปฏิบัติ การพัฒนาคุณภาพของงานคอนกรีตยังต้องการคุณสมบัติที่สำคัญอื่นๆอีก ซึ่งในช่วงไม่นานมานี้ได้มีการพัฒนาคอนกรีตคุณภาพสูง (High Performance Concrete) ในฝรั่งเศส [2] งานวิจัยทางด้าน คอนกรีตคุณภาพสูง (HPC) ได้เริ่มที่ LCPC (Paris) ในช่วงต้น คศ.1980 โดยให้คำกำจัดความของ HPC หมายถึง คอนกรีตที่มีกำลังรับแรงอัดรูปทรงกระบอกมากกว่า หรือเท่ากับ 50 Mpa โดยใช้วัสดุผสมธรรมดาทั่วไปในฝรั่งเศส และสามารถแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในงานก่อสร้าง เช่น คอนกรีต เป็นโพรง หรือเป็นรูพรุนได้ และจากการศึกษาพบว่าขนาดใหญ่ที่สุดของหิน (Max Size Aggregate) ที่เหมาะสมเท่ากับ 20 มม. จะสามารถใช้ค่าอัตรา

ส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (W/C Ratio) ได้ต่ำ และคอนกรีตมีค่าโมดูลัสยืดหยุ่น (Elastic Modulus) สูงและยังพบว่าการใช้ซิลิก้าฟูม (Silica Fume) ไม่มีผลกระทบกับคุณสมบัติการรับกำลังของคอนกรีต ในสวีเดน[3] คอนกรีตคุณภาพสูง (HPC) หมายถึง คอนกรีตที่มีกำลังรับแรงอัดมากกว่าหรือเท่ากับ 80 Mpa ซึ่งพัฒนาขึ้นมาใช้สำหรับงานโครงสร้างในทะเล (Offshore Structures) งานสะพาน งานอาคารสูง ชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป,งานถนน เป็นต้น โดยมีข้อได้เปรียบคือ กำลังรับแรงอัดสูง กำลังรับแรงดึงสูง, มีความทนทาน (Durability) ที่ดี

ในปี คศ.1993[4] Electricite,de France (EDF) ทำการปรับปรุงถังปฏิกรณ์นิวเคลียร์ (Nuclear Reactor Containment Vessels) เพื่อลดการรั่วซึมของอากาศ จึงได้ทำการพัฒนาคอนกรีตที่มีส่วนผสมของ ซิลิก้าฟูม 30 กก/ม.^{3} และ ปริมาณซีเมนต์ 270 กก./ม^3. รวมทั้งสารเคมีผสมเพิ่มเช่น ขี้เถ้าลอย (Fly Ash) จุดประสงค์เพื่อต้องการคอนกรีตที่มีคุณสมบัติความสามารถเทได้สูง (High Workability) มีกำลังรับแรงอัด 75 Mpa โดยประมาณ มีการล้า (Creep) ต่ำและมีการแตกร้าว (Initial Crack) เนื่องจากการหดตัวน้อย และจากการศึกษาได้ให้ข้อกำหนดของมวลรวมหยาบที่ใช้ ผลิตคอนกรีตคุณภาพสูง (HPC) ควรจะมีค่าการดูดซึมน้ำน้อยกว่า 2% ขนาดใหญ่สุดของมวลรวม (MSA) ไม่เกิน 20 มม. และค่าการบด (Crushing Index) จะต้องน้อยกว่า 50 % ซึ่ง EDF ได้ให้ข้อกำหนดของคอนกรีตคุณภาพสูง (HPC) ไว้คือ จะต้องมีกำลังรับแรงอัดของตัวอย่างคอนกรีตรูปทรงกระบอกที่อายุ 28 วัน เท่ากับ 72 Mpa สำหรับตัวอย่างในห้องทดลอง และประมาณ 60 Mpa สำหรับงานสนาม รวมทั้งมีค่าความยุบตัวประมาณ 20 ซม. และคอนกรีตสดจะต้องคงสภาพพลาสติกเพื่อที่จะสามารถทำงานได้อย่างน้อย 1.5 ชม. ความพรุนของคอนกรีตจะต้องมีค่าน้อยกว่า 2% คอนกรีตในสภาพแห้งจะต้องมีค่าความซึมน้ำต่ำอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (Water/Binder Ratio) ควรอยู่ระหว่าง 0.35-0.40 โดยส่วนผสมของซิลิก้าฟูม(Silica Fume) ในคอนกรีต ควรมีค่าประมาณ 30-40 กก./ม.^{3}

Papworth,F,Burnett[19] ได้เสนอผลการวิจัยและพัฒนาคอนกรีตคุณภาพสูง (High Performance Silica Fume Concrete) โดยเสนอส่วนผสมสำหรับคอนกรีตกำลังสูงในงานปั๊ม (Pumping High Strength Concrete) ควรใช้ขนาดโตสุดของมวลรวมเท่ากับ 20 มม.ปริมาณซิลิก้าฟูม(Silica Fume) 10% Binder และ อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (Water/Binder Ratio) เท่ากับ 0.44 และ 0.41 มีค่ากำลังรับแรงอัด 60 และ 65 Mpa ตามลำดับ และส่วนผสมสำหรับคอนกรีตใต้น้ำ (Chloride Environment/Under Water Concrete) ใช้ ปริมาณซิลิก้าฟูม 70 กก./ม^3. ปริมาณซีเมนต์ 400 กก/ม^3. และอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (Water/Binder Ratio) เท่ากับ 0.34 มีค่ากำลังรับแรงอัด 65 Mpa การศึกษาวิจัยของ Hasni,L[6] พบว่าวิธีการบ่ม (Curing Method) มีผลกระทบต่อความทนทาน (Durability) ของ คอนกรีตที่ใช้ซิลิก้าฟูม (Silica Fume) เป็นส่วนผสม เช่นในกรณี คอนกรีตที่บ่มแห้งในอากาศ (Dry Curing) จะมีความพรุน(Porosity) และ รอยร้าว(Microcracking) มากกว่าคอนกรีตธรรมดา Leivo,M.T.[7] ได้

ใช้สารโซเดียมซิลิเกต (Sodium Silicate) ในอัตรา 3-4 % ของปริมาณซีเมนต์ เพื่อปรับปรุงกำลังอัดระยะต้น (Early Strength) ของคอนกรีตทำให้สามารถมีกำลังรับแรงอัด 25-45 Mpa ที่อายุ 3 ชม. โดยที่อายุ 28 วัน มีกำลังรับแรงอัด 60-80 Mpa และพบว่าสารโซเดียมซิลิเกต (Sodium Silicate) จะทำให้คอนกรีตสูญเสียความสามารถเทได้ (Workability) ไปแต่สามารถแก้ไขได้โดยเพิ่มอัตราของสารเคมีผสมเพิ่มลดปริมาณน้ำ (Superplasticizer) แต่ในผลงานวิจัยของ Penttala,V.E, [9] พบว่ากรณีที่ใช้อัตราของสารลดปริมาณน้ำ (Superplasticizer) ในปริมาณมาก จะทำให้มีผลกระทบต่อความทนทาน (Durability) ของคอนกรีตในระยะยาว Petterson,K.H. [10] พบว่าอัตราการแพร่กระจายของคลอไรด์ (Chloride) ในซีเมนต์เพสท์(Cement Paste) มีผลต่อความสามารถในการต้านทานการกัดกร่อนในคอนกรีต และการใช้ซิลิก้าฟูม (Silica Fume) เป็นส่วนผสมในคอนกรีตจะช่วยลดอัตราการแพร่กระจายของคลอไรด์ (Chloride) อันมีผลทำให้คอนกรีตมีความต้านทานต่อการกัดกร่อนได้ดีขึ้น

การศึกษาวิจัย คอนกรีตคุณภาพสูงในญี่ปุ่น [5] ได้เน้นไปในด้านคุณสมบัติ ความสามารถทำงานได้ เป็นหลักโดยใช้สารลดน้ำพิเศษ (Superplasticizer) ร่วมกับวัสดุผสมเพิ่มเช่นขี้เถ้าลอย (Fly Ash) และ ผงสแลค (Blast Furnace Slag) และสัดส่วนของปริมาณทรายในมวลรวม (S/A) ที่มีค่าสูงประมาณ 45% ขึ้นไป ทำให้ได้คอนกรีตที่มีความไหลลื่นที่ดี และไม่เกิดการแยกตัว

การศึกษาวิจัยทางด้านคอนกรีตในประเทศไทยที่ผ่านมาในอดีต ได้มีการศึกษาปรับปรุงคุณสมบัติการรับกำลังของคอนกรีตโดยสารเคมีผสมเพิ่มเข้ามาใช้สำหรับคอนกรีตกำลังสูง งานวิจัยของ สุพรรณ์ [39] ได้ทำการทดสอบคอนกรีตกำลังสูงมากโดยใช้แบลคลิกเกอร์ ซึ่งเป็นน้ำเสียจากขบวนการฟอกเยื่อกระดาษเป็นสารผสมคอนกรีต จากการศึกษาพบว่าอัตราส่วนผสมที่มีปริมาณซีเมนต์ 550 กก.ต่อลบ.ม. จะให้ค่ากำลังรับแรงอัดที่อายุ 28 วันสูงที่สุดโดยแนะนำค่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์อยู่ในช่วง 0.26 - 0.32 โดยค่ากำลังรับแรงอัดมีค่าลดลงตามอัตราสารผสมที่เพิ่มขึ้นและค่าความข้นเหลวที่เพิ่มขึ้นด้วย จากการทดสอบค่ากำลังรับแรงอัดมากที่สุดเท่ากับ 909 กก.ต่อ ตร.ซม. ที่ค่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.26 โดยไม่ใช้สารเคมีผสมเพิ่ม งานวิจัยของ ชยานนท์ [40] ได้ทำการพัฒนาคอนกรีตกำลังสูงโดยใช้สารลดปริมาณน้ำร่วมกับซิลิก้าฟูม ในการปรับปรุงคุณสมบัติของคอนกรีตกำลังสูง จากการศึกษาโดยใช้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์อยู่ในช่วง 0.28-0.34 และอัตราการใช้ ซิลิก้าฟูม เท่ากับ 8%,10%และ 12% ตามลำดับ ผลการทดสอบพบว่าอัตราของสารซิลิก้าฟูมเท่ากับ 12% จะให้กำลังรับแรงอัดสูงสุดเท่ากับ 904 กก.ต่อ ตร.ซม. ที่ค่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์เท่ากับ 0.30 และค่าความยุบตัว 10 ซม. นอกจากนี้ได้มีงานวิจัยศึกษาพฤติกรรมของโครงสร้างที่ใช้คอนกรีตกำลังสูง โดยงานวิจัยของมานิต [41] ได้ทำการทดสอบเสาคอนกรีตกำลังสูง ที่ทำจากคอนกรีตกำลังสูงมากโดยใช้หินขนาดโตสุด 1/2 นิ้ว ใช้น้ำยาผสมคอนกรีตที่มีสารประกอบของ แนพทาลีน(Napthalene) การทดลองใช้สัดส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.24-0.30 จากการทดสอบพบว่าที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.24 อัตราสารผสมเพิ่มเท่ากับ 2.378% จะได้คอนกรีตกำลังอัด 780-890 กก.ต่อตร.ซม. สกุล [42] ทำการทดลองคอนกรีตกำลังสูงเพื่อใช้ในงานวิจัยคานคอนกรีตอัดแรงที่ทำด้วยคอนกรีตกำลังสูงโดยใช้ ปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ ประเภทที่ 1

และ 3 ใช้น้ำยาผสมคอนกรีตเพิ่มความไหลลื่นที่มีกรดลิกโนซัลโฟเนท (Lignosulphonate Acid) และแนพทาลีน (Napthalene) เป็นสารพื้นฐาน ใช้หินที่มีขนาดโตสุด 1/2 นิ้ว มีค่า อัตราส่วนทรายต่อมวลรวม (S/A Ratio) 38-40% จากการทดสอบพบว่า ที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์เท่ากับ 0.25 และ อัตราสารผสมเพิ่มเท่ากับ 0.8% จะให้ค่ากำลังรับแรงอัดที่อายุ 28 วัน มากกว่า 900 กก. ต่อ ตร.ซม.

นอกจากนี้ยังได้มีการวิจัยและพัฒนาปรับปรุงคุณสมบัติในด้านความสามารถเทได้ของคอนกรีตโดยใช้วัสดุผสมเพิ่มขี้เถ้าลอยร่วมกับสารลดปริมาณน้ำ เพื่อเพิ่มความข้นเหลวของคอนกรีตและใช้เป็นวัสดุทดแทนปูนซีเมนต์ รวมทั้งเพิ่มความทนทานของคอนกรีต งานวิจัยของประจิต [38] ได้ทำการทดสอบคอนกรีตผสมขี้เถ้าลอยแม่เมาะโดยการผสมขี้เถ้าลอย เข้ากับส่วนผสมคอนกรีตในอัตราส่วน ขี้เถ้าลอยต่อซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 และ 0.5 ปริมาณซีเมนต์ 250,300,350 และ 400 กก./ม. อัตราส่วนของน้ำต่อซีเมนต์ (W/C) 0.5, 0.75, 1.00, 1.25 และพบว่าปริมาณขี้เถ้าลอยที่เติมจะต้องมากกว่าปริมาณซีเมนต์ที่ลดลง เพื่อรักษาระดับกำลังอัดให้คงเดิมและได้สร้างกราฟแสดงค่าเทียบเท่าซีเมนต์ของขี้เถ้าลอยแม่เมาะได้ โดยขึ้นกับตัวแปรต่างๆ ซึ่งจะสามารถหาปริมาณขี้เถ้าลอยเท่ากับคอนกรีตธรรมดาที่อายุตามต้องการ ดร.ปริญญา [37] ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ผสมขี้เถ้าลอยแม่เมาะและสารลดน้ำพิเศษ (Superplasticizer) พบว่า การแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยขี้เถ้า 20% โดยน้ำหนักจะทำให้ความข้นเหลวดีขึ้น ช่วยลดการกัดกร่อนของสารเคมี และไม่มีผลต่อระยะเวลาการก่อตัวมากนัก โดยปริมาณสารลดน้ำพิเศษที่เหมาะสมควรมีค่าระหว่าง 1.25-3.00% กรกฎ [33] ได้ศึกษาการปรับปรุงความสามารถทำงานได้ของคอนกรีตสด โดยใช้ขี้เถ้าลอยปริมาณ 15,30,45,60 % โดยน้ำหนักพบว่า ขี้เถ้าลอยสามารถช่วยในการปรับปรุงความสามารถทำงานได้ตามปริมาณขี้เถ้าลอยที่ผสม สามารถลดอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (W/C) ได้ 0.03 ต่อการเติมขี้เถ้าลอยทุก 10% โดยน้ำหนักและขี้เถ้าลอยยังลดปริมาณฟองอากาศในคอนกรีตลง 0.1% โดยปริมาตรทุกๆ ปริมาณขี้เถ้าลอย 15% โดยน้ำหนัก นอกจากนั้น การก่อตัวของคอนกรีตที่ผสมขี้เถ้าลอยจะเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยทั้งการก่อตัวเริ่มแรกและการก่อตัวสุดท้ายและกำลังรับแรงอัดที่ 28 วัน จะลดลงตามสัดส่วนของปริมาณขี้เถ้าลอยที่ผสม

จากงานวิจัยและพัฒนาคอนกรีตในประเทศไทยที่ผ่านมา จะเน้นไปในด้านกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตกำลังสูง ซึ่งใช้สารเคมีผสมเพิ่มเป็นตัวลดอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ ซึ่งความสามารถเทได้ยังมีค่าต่ำในทางปฏิบัติจึงเป็นการยากที่จะใช้ในการก่อสร้างจริงสำหรับงานคอนกรีตกำลังสูง ในส่วนของงานวิจัยที่ปรับปรุงคุณสมบัติด้านความสามารถเทได้ของคอนกรีต โดยใช้วัสดุผสมเพิ่มจะพบว่าค่ากำลังรับแรงอัดยังมีค่าต่ำ ไม่เพียงพอที่จะจัดเข้าอยู่ในข้อกำหนดของคอนกรีตคุณภาพสูง ดังนั้นการศึกษาและวิจัยคอนกรีตที่มีคุณสมบัติความสามารถเทได้สูง และขณะเดียวกันก็มีค่ากำลังรับแรงอัดตามข้อกำหนดของคอนกรีตคุณภาพสูง รวมทั้งมีคุณสมบัติด้านความทนทานที่ดีก็จะเป็นแนวทางในการพัฒนาคอนกรีตคุณภาพสูงในประเทศไทยต่อไป

โดยงานวิจัยในครั้งนี้จะได้ทำการศึกษาถึงส่วนผสมของมวลรวมที่เหมาะสม สำหรับคอนกรีตคุณภาพสูง และหาสัดส่วนผสมของคอนกรีตทั้งปริมาณซีเมนต์, สารผสมเพิ่ม และอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ที่ใช้ และทำการทดสอบคุณสมบัติของส่วนผสมของคอนกรีตที่ทำการออกแบบ เพื่อให้ได้คอนกรีตที่มีความสามารถเทได้สูง มีค่าความยุบตัวมากกว่า 20 ซม. มีค่าการไหลแผ่มากกว่า 50 ซม. โดยปราศจากการแยกตัว และมีค่ากำลังรับแรงอัดที่ 24 ชม. และ 28 วัน มากกว่า 300 และ 600 กก./ตร.ซม ตามลำดับ

1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.ศึกษากำหนดนิยามและคุณสมบัติหลักของคอนกรีตคุณภาพสูงในสภาพเหลว

2.ศึกษาข้อมูลความแปรปรวนของวัสดุมวลรวมหินทรายที่ใช้กันอยู่จริงในท้องตลาด

3.กำหนดสัดส่วนของมวลรวมที่เหมาะสมสำหรับคอนกรีตคุณภาพสูง

4.ออกแบบส่วนผสมคอนกรีตคุณภาพสูง กำหนดคุณสมบัติของคอนกรีตในสภาพเหลวเป็นเกณฑ์ โดยต้องมีกำลังรับแรงอัดตามข้อกำหนด

5.ทดสอบคอนกรีตตามส่วนผสมที่ออกแบบ เพื่อตรวจสอบคุณสมบัติของคอนกรีตที่ได้จากการออกแบบ

1.4 การดำเนินการวิจัย

1. ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลขนาดคละของมวลรวมหินทราย และทดสอบคุณสมบัติของมวลรวมตามมาตรฐาน ASTM

2. วิเคราะห์ข้อมูลขนาดคละของมวลรวมที่ทำการเก็บตัวอย่าง เปรียบเทียบกับข้อกำหนดตามมาตรฐาน ปรับปรุงและกำหนดขอบเขต ขนาดคละที่เหมาะสมตามสภาพวัสดุในท้องตลาด

3. ออกแบบส่วนผสมคอนกรีต โดยใช้สารลดปริมาณน้ำ (Superplasticizer) และวัสดุผสมเพิ่มซิลิก้าฟูม(Silica Fume) และ ขี้เถ้าลอย(Fly Ash) เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติของคอนกรีต

4. ทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีตสด อันได้แก่ ค่าการยุบตัว, ค่าการไหลแผ่, ระยะเวลาการก่อตัว, หน่วยน้ำหนักของคอนกรีตและปริมาณฟองอากาศ เป็นต้น

5.ปรับปรุงและพัฒนาส่วนผสมที่ออกแบบให้ได้คุณสมบัติตามที่ต้องการโดยเน้นคุณสมบัติคอนกรีตในสภาพเหลว

6. ทำการทดสอบค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตเพื่อเป็นข้อมูลอ้างอิงประกอบ

1.5 ขอบเขตของการศึกษา

ในการวิจัยครั้งนี้การศึกษาข้อมูลอยู่ภายในขอบเขตที่กำหนดดังนี้

1. ตัวอย่างของมวลรวมที่ทำการศึกษาได้แก่ หินปูนย่อย ที่ใช้ในการก่อสร้างทั่วไป จากแหล่งหินจังหวัดสระบุรีและ ราชบุรี ทรายธรรมชาติเป็นทรายแม่น้ำ จากแหล่งทรายจังหวัดกาญจนบุรี

2. ในการปรับปรุงส่วนผสมคอนกรีต ใช้สารลดปริมาณน้ำพิเศษ (Superplasticizer ASTM C494 Type G) ส่วนวัสดุผสมเพิ่มใช้ซิลิก้าฟูม (Silica Fume) และขี้เถ้าลอย (Fly Ash) จากแหล่งขี้เถ้าลอยแม่เมาะ