บทที่ 1
บทนำ

สำหรับบทนำเป็นการกล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ของการศึกษา ขอบเขตการศึกษา และประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

คอนกรีตเป็นวัสดุที่นิยมใช้ในการก่อสร้างอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน การออกแบบหรือการก่อสร้างโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กในปัจจุบันวิศวกรส่วนใหญ่ยังคงให้ความสำคัญหรือพิจารณาแต่เพียงสมบัติด้านกำลังของคอนกรีตอย่างเดียว ยังมีสมบัติด้านอื่นที่ควรต้องพิจารณาในการออกแบบหรือก่อสร้างเพิ่มเติมเพื่อให้โครงสร้างนอกจากจะมีความแข็งแรงมั่นคงเพียงพอแล้วยังมีความคงทนโดยไม่มีการเสื่อมสภาพก่อนระยะเวลาอันควร หรือต้องมีการเสียค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมเพื่อให้โครงสร้างสามารถใช้การได้เป็นจำนวนมหาศาลเกินความจำเป็น ปัญหาเกี่ยวกับความคงทนของโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กมีอยู่หลายด้าน ได้แก่ ปัญหาที่เกิดจากการซึมผ่านของกาซคาร์บอนไดออกไซด์เข้าไปในเนื้อคอนกรีต หรือการเกิดคาร์บอเนชั่นซึ่งมักจะเกิดขึ้นกับโครงสร้างที่ตั้งอยู่ในเมืองที่มีปริมาณการจราจรที่หนาแน่น ปัญหาการเกิดสนิมของเหล็กเสริมที่เกิดจากเกลือคลอไรด์ ปัญหาการถูกกัดกร่อนด้วยสารเคมีต่าง ๆ อันอาจจะเกิดจากการที่โครงสร้างมีการสัมผัสกับน้ำเสียหรือดินที่มีสารเคมีที่สามารถกัดกร่อนคอนกรีต โดยเฉพาะอย่างยิ่งการกัดกร่อนโดยเกลือซัลเฟต ปัญหาการแตกร้าวของโครงสร้าง เป็นต้น ดังนั้น ในการที่จะได้คอนกรีตที่นอกจากจะมีกำลังตามที่ต้องการแล้วยังมีสมบัติที่ดีในด้านความคงทนนั้นจะต้องมีการพิจารณาถึงปัจจัยหลาย ๆ ประการด้วยกัน ซึ่งในแต่ละปัจจัยยังต้องมีการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมเพื่อให้ได้องค์ความรู้ในการนำมาใช้พัฒนาวัสดุคอนกรีตเพื่อให้มีความคงทน แต่อย่างไรก็ตามเนื่องจากการศึกษาในแต่ละปัจจัยนั้นต้องใช้ระยะเวลาในการศึกษา ดังนั้นในโครงการวิจัยนี้จะมุ่งเน้นที่จะศึกษาเฉพาะปัญหาการแตกร้าวของโครงสร้างคอนกรีตแต่เพียงอย่างเดียว

การแตกร้าวของโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กเกิดจากสาเหตุหลายประการด้วยกัน แต่หนึ่งในสาเหตุที่สำคัญและมักพบเห็นปัญหาได้โดยทั่วไปเป็นการแตกร้าวที่มีสาเหตุมาจากการหดตัวของคอนกรีตเนื่องจากการสูญเสียความชื้น การหดตัวดังกล่าวเกิดขึ้นจากหลายสาเหตุและอาจเกิดขึ้นในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม การหดตัวเนื่องจากการสูญเสียความชื้นที่มักพบได้ในโครงการก่อสร้างทั่วไปคือ การหดตัวแบบแห้ง (Drying shrinkage) และการหดตัวแบบออโตจีนัส (Autogenous shrinkage) ซึ่งการหดตัวทั้งสองแบบมีกลไกในการเกิดที่แตกต่างกัน กล่าวคือ การหดตัวแบบแห้งเกิดขึ้นเนื่องจากการสูญเสียความชื้นไปสู่อากาศ แต่สำหรับการหดตัวแบบออโตจีนัสเป็นการหดตัวที่เป็นผลมาจากปฏิกริยาไฮเดรชั่นร่วมกับการสูญเสียความชื้นในช่องว่างคะปิวลารีในเนื้อเพสต์ [1,2] เมื่อชิ้นส่วนใดๆ ในโครงสร้างเกิดการหดตัวจะเกิดแรงดึงขึ้นภายในชิ้นส่วน ดังกล่าวทั้งนี้ค่าแรงดึงที่เกิดขึ้นจะขึ้นอยู่กับสภาพการยึดรั้งของชิ้นส่วนนั้น ๆ ถ้าหากว่าค่าแรงดึงมีค่ามากกว่า

ความสามารถในการรับแรงดึงของคอนกรีตก็จะเกิดการแตกร้าว ซึ่งรอยร้าวดังกล่าวนี้จะส่งผลเสียในเรื่องของความคงทนของโครงสร้างคอนกรีตในระยะยาวต่อไป

ดังนั้นการศึกษาเกี่ยวกับพฤติกรรมการแตกร้าวของคอนกรีตจึงเป็นประเด็นหนึ่งที่สำคัญสำหรับการออกแบบด้านความคงทนของโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก ดังที่ได้กล่าวไว้แล้ว ปริมาณและขนาดของการแตกร้าวจะขึ้นอยู่กับขนาดของแรงดึงที่เกิดขึ้นในแต่ละชิ้นส่วน ซึ่งปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อค่าแรงดึงนี้จะขึ้นอยู่กับปริมาณการหดตัวของคอนกรีต ส่วนผสมคอนกรีตที่มีการหดตัวมากจะมีความเสี่ยงที่จะเกิดการแตกร้าวที่สูงเมื่อเปรียบเทียบกับส่วนผสมที่มีการหดตัวที่ต่ำกว่า ดังนั้น การศึกษาถึงพฤติกรรมการหดตัวของชิ้นส่วนคอนกรีตจึงเป็นเรื่องหนึ่งที่สำคัญในการพัฒนาองค์ความรู้เพื่อให้ได้วัสดุคอนกรีตเพื่อให้มีความสามารถในการต้านทานการแตกร้าวสูง

จากผลการศึกษาในอดีตพบว่าพฤติกรรมการหดตัวของคอนกรีตขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ได้แก่ สมบัติของปูนซีเมนต์ที่ใช้งาน (ความละเอียด และองค์ประกอบทางเคมี เป็นต้น) ชนิดและปริมาณของสารเคมีผสมเพิ่มที่ใช้ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ปริมาณเพสต์ อัตราส่วนน้ำต่อปริมาณวัสดุประสาน วิธีการบ่มคอนกรีต และขนาดของแท่งทดสอบที่ใช้ เป็นต้น นอกจากปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้แล้ว ชนิดและปริมาณของวัสดุผสมเพิ่ม (Mineral admixture) ที่ใช้ก็พบว่ามีผลต่อพฤติกรรมการหดตัวของคอนกรีต เถ้าลอยเป็นวัสดุผสมเพิ่มชนิดหนึ่งที่มีการใช้งานกันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน ในการนำเถ้าลอยไปใช้ประโยชน์มีหลายรูปแบบไม่ว่าจะใช้ในการผสมซีเมนต์เพื่อใช้ในงานโครงสร้างต่าง ๆ หรือการใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ อันได้แก่ กระเบื้องมุงหลังคา ท่อสำเร็จรูป หรือ อิฐตัวหนอน เป็นต้น จากการศึกษาพบว่าการใช้เถ้าลอยในงานคอนกรีตจะเพิ่มความสามารถในการเทของคอนกรีต ลดอุณหภูมิอันเกิดจากปฏิกิริยาไฮเดรชัน ช่วยลดความสามารถในการซึมผ่าน ลดการกัดกร่อนของที่เกิดจากซัลเฟต และยังช่วยในการเพิ่มกำลังอัดประลัยในระยะยาว นอกจากเถ้าลอยยังมีวัสดุผสมเพิ่มอีกหลายชนิดที่สามารถนำมาใช้ในงานคอนกรีต ได้แก่ ผงหินปูน (Limestone powder) ตะกรันเตาถลุงเหล็ก (Blast-furnace slag) และเถ้าก้นเตา (Bottom ash) จากการศึกษาพบว่าวัสดุผสมเพิ่มเหล่านี้มีส่วนช่วยในการพัฒนาสมบัติของคอนกรีตไม่ว่าจะเป็นสมบัติด้านกำลัง และด้านความคงทน แต่อย่างไรก็ตาม การใช้งานวัสดุเหล่านี้สำหรับเป็นส่วนผสมในคอนกรีตในประเทศไทย ณ ปัจจุบันยังมีอยู่ในวงที่ค่อนข้างจำกัด ทั้งนี้อาจเป็นเพราะงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการใช้งานวัสดุเหล่านี้ยังมีอยู่ค่อนข้างน้อยมากโดยเฉพาะอย่างยิ่งการศึกษาเกี่ยวกับพฤติกรรมการหดตัวของคอนกรีตที่มีวัสดุเหล่านี้เป็นส่วนผสม

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นที่จะศึกษาถึงพฤติกรรมการหดตัวของคอนกรีตที่มีส่วนผสมต่าง ๆ โดยจะมุ่งเน้นในการศึกษาเพื่อพัฒนาองค์ความรู้ที่จำเป็นสำหรับใช้ในการออกแบบส่วนผสมคอนกรีตที่มีความสามารถในการต้านทานการแตกร้าวสูง ที่จะเอื้อให้เกิดการนำเอาวัสดุกากอุตสาหกรรมมาใช้งาน ซึ่งวัสดุเหล่านี้ประกอบด้วย เถ้าลอย ตะกรันถลุงเหล็ก ผงหินปูน และเถ้าก้นเตา ในการนำเอาวัสดุเหล่านี้มาใช้งานนอกจากจะเป็นการนำเอาวัสดุซึ่งเป็นวัสดุที่เหลือทิ้งจากทางภาคอุตสาหกรรมมาใช้ให้เกิดประโยชน์แล้วยังมีส่วนช่วยในการ

ลดปริมาณการใช้ปูนซีเมนต์ลงซึ่งมีผลทำให้ลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์ อันจะมีส่วนช่วยในการบรรเทาปัญหาสภาวะโลกร้อนที่นับวันจะทวีความรุนแรงขึ้นทุกขณะ

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

การศึกษาในครั้งนี้มีจุดประสงค์ดังนี้

1.2.1 เพื่อศึกษาถึงพฤติกรรมการหดตัวแบบออโตจีนัสและแบบแห้งของตัวอย่างคอนกรีตที่ใช้วัสดุกากอุตสาหกรรม (เถ้าลอย ผงหินปูน ตะกรันถลุงเหล็ก และเถ้าก้นเตา) ภายใต้ปัจจัยและสภาพแวดล้อมต่าง ๆ

1.2.2 เพื่อศึกษาผลกระทบของเถ้าลอย ตะกรันเตาถลุงเหล็ก ผงหินปูน และเถ้าก้นเตาต่อการหดตัวแบบออโตจีนัสและแบบแห้งในคอนกรีต

1.2.3 เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกส่วนผสมของคอนกรีตที่ใช้ที่ใช้เถ้าลอย ผงหินปูน ตะกรันเตาถลุงเหล็ก และเถ้าก้นเตา เมื่อเผชิญกับสิ่งแวดล้อมคลอไรด์

1.2.4 แเพื่อพัฒนาองค์ความรู้สำหรับใช้ในการออกแบบส่วนผสมคอนกรีตที่ใช้วัสดุกากอุตสาหกรรมเพื่อให้มีความต้านทานการแตกร้าวที่เกิดขึ้นเนื่องจากการหดตัวสูง

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

ในการศึกษาของงานวิจัยครั้งนี้มีขอบเขตงานวิจัยดังนี้

1) สำหรับการวิจัยเพื่อศึกษาถึงการหดตัวแบบออโตจีนัสและแบบแห้งของคอนกรีตที่ใช้เถ้าลอย ผงหินปูน เถ้าตะกรันเตาถลุงเหล็ก และเถ้าก้นเตาในครั้งนี้นั้น ตัวอย่างคอนกรีตที่ใช้ในการศึกษาการหดตัวดังกล่าวได้ใช้วัสดุประสานดังนี้ ยกเว้นในกรณีของเถ้าก้นเตาที่ใช้แทนที่ในทราย

- ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ล้วน
- แทนที่เถ้าลอยในปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1
- แทนที่ผงหินปูนในปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1
- แทนที่ตะกรันเตาถลุงเหล็กในปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1
- แทนที่ผงหินปูนร่วมกับเถ้าลอยในปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1
- แทนที่ผงหินปูนร่วมกับตะกรันเตาถลุงเหล็กในปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1
- แทนที่เถ้าก้นเตาในทรายของส่วนผสมคอนกรีต

2) คุณสมบัติด้านการหดตัวแบบออโตจีนัสและแบบแห้งของคอนกรีต

- การหดตัวแบบออโตจีนัส (Autogenous shrinkage) ใช้ตัวอย่างคอนกรีต ขนาด 7.5×7.5×28.5 เซนติเมตร จำนวน 3 ก้อน โดยถอดแบบที่อายุ 24 ชั่วโมง แล้วนำชิ้นตัวอย่างบ่มในอากาศที่อุณหภูมิห้องเฉลี่ย 30±2 ℃ แล้ววัดการหดตัวที่อายุบ่มในอากาศ 1 3 5 7 14 21 28 42 และ 56 วัน โดยจะต้องนำตัวอย่างไปชั่งน้ำหนักเพื่อดูการเปลี่ยนแปลง

- การหดตัวแบบแห้ง (drying shrinkage) ของคอนกรีต ใช้ชิ้นตัวอย่างคอนกรีตซึ่งเตรียมขึ้นโดยแบบหล่อตัวอย่างขนาด 37.5x37.5x285 มม. โดยในแต่ละสัดส่วนผสมคอนกรีตใช้ชิ้นตัวอย่างคอนกรีตจำนวณ 3 ชิ้น เพื่อหาค่าเฉลี่ยการหดตัวของตัวอย่างคอนกรีต โดยหลังจากหล่อชิ้นตัวอย่างคอนกรีต โดยถอดแบบที่อายุ 24 ชั่วโมงแล้วนำไปบ่มในน้ำ 7 วัน หลังจากนั้นทำการทดสอบค่าการหดตัวที่อายุ 1 3 5 7 14 21 28 42 และ 56 วัน เพื่อหาค่าร้อยละของการหดตัวแบบแห้ง

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ในการศึกษาครั้งนี้ ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ มีดังนี้

1.4.1 องค์ความรู้ที่ได้จะช่วยเพิ่มปริมาณการนำวัสดุกากอุตสาหกรรม (เถ้าลอย ผงหินปูน ตะกรันถลุงเหล็ก และเถ้าก้นเตา) ซึ่งเป็นสิ่งเหลือใช้มาใช้ประโยชน์ในงานคอนกรีตอันจะเป็นการช่วยลดปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ยังเป็นการช่วยลดปริมาณการใช้ปูนซีเมนต์ลงในแต่ละปีอันเป็นการบรรเทาปัญหาสภาวะโลกร้อน

1.4.2 ทราบพฤติกรรมการหดตัวของคอนกรีตที่มีส่วนผสมต่าง ๆ (ทั้งที่ใช้ปูนซีเมนต์ล้วน ปูนซีเมนต์ผสมผงหินปูน ผสมเถ้าลอย ผสมตะกรันเตาถลุงเหล็ก ผสมทั้งผงหินปูนร่วมกับเถ้าลอย ผสมผงหินปูนร่วมกับตะกรันเตาถลุงเหล็ก และคอนกรีตที่ใช้เถ้าก้นเตาแทนที่ในทราย)

1.4.3 สามารถอธิบายถึงกลไกเกี่ยวกับพฤติกรรมการหดตัวของคอนกรีต (แบบออโตจีนัสและแบบแห้ง) ซึ่งผลที่ได้สามารถนำใช้เป็นแนวทางในการควบคุมการแตกร้าวของคอนกรีตที่เกิดขึ้นจากการหดตัวต่อไป

1.4.4 ได้องค์ความรู้ใหม่สำหรับใช้ในการออกแบบส่วนผสมคอนกรีตเพื่อให้มีความสามารถในการต้านทานการแตกร้าวสูง อันจะมีส่วนทำให้สามารถลดจำนวนเงินงบประมาณในแต่ละปีที่ต้องสูญเสียไปในการซ่อมแซมอาคารหรือโครงสร้างคอนกรีตที่เสียหายเนื่องจากการแตกร้าว