บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความนำ

ในการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก นอกจากจะคำนึงถึงเฉพาะกำลังความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกแล้ว ยังต้องคำนึงถึงอายุการใช้งานที่ยาวนานอีกด้วย ในปัจจุบันจะเห็นว่าโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กที่ก่อสร้างมานาน มักจะปรากฏผลเสียหายในรูปแบบต่างๆ เช่น แตกร้าว หลุดร่อน ผุเปื่อย บวม หรือแตกหักจนถึงขั้นวิบัติ ความเสียหายของโครงสร้างดังกล่าว มีสาเหตุจากการบรรทุกน้ำหนักเกินพิกัด แต่อาจเกิดจากพฤติกรรมด้านความทนทานอันสืบเนื่องจาก คุณภาพการก่อสร้าง และสภาวะแวดล้อมของโครงสร้างนั้นๆ แต่อย่างไรก็ตาม จากสาเหตุดังกล่าวจะเห็นว่าความเสียหายของโครงสร้างที่เกิดจากสภาวะแวดล้อมจะได้รับความสนใจน้อยมากเนื่องจากการศึกษาวิจัยจะเน้นเฉพาะพฤติกรรมทางโครงสร้างด้านกำลังและความแข็งแรง แต่จะมีน้อยที่ให้ความสนใจต่อพฤติกรรมด้านความทนทาน

เนื่องจากคอนกรีตเป็นวัสดุที่มีโครงสร้างภายในเป็นรูพรุนเล็กๆมากมายจึงมีคุณสมบัติที่ก๊าซและของเหลวสามารถซึมผ่านได้ คอนกรีตที่มีคุณภาพแตกต่างกัน จะมีความสามารถในการซึมผ่านแตกต่างกันไปด้วย ก๊าซและของเหลวบางอย่างเมื่อทำปฏิกริยากับเนื้อคอนกรีตจะทำให้คอนกรีตมีคุณสมบัติเปลี่ยนไป เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อทำปฏิกริยากับคอนกรีตโดยตรง หรือรวมตัวกับน้ำกลายเป็นกรดคาร์บอนิก แล้วทำปฏิกริยากับคอนกรีต จะทำให้คอนกรีตสูญเสียความเป็นด่าง และเมื่อคุณสมบัติที่เปลี่ยนไปนี้เข้าใกล้บริเวณตำแหน่งของเหล็กเสริม ผนวกกับมีน้ำและก๊าซออกซิเจนแพร่ผ่านเข้าไป จะทำให้เหล็กเสริมเกิดเป็นสนิมขึ้น สนิมที่เกิดขึ้นนอกจากจะทำให้หน้าตัดเหล็กเสริมลดลง และโครงสร้างรับแรงได้น้อยลงแล้ว ปริมาตรของเหล็กเสริมที่เป็นสนิม จะเพิ่มขึ้นประมาณ 4 เท่า ทำให้เกิดแรงดันภายในดันให้คอนกรีตแตกร่อนออก จากนั้นเหล็กเสริมจะสัมผัสกับอากาศโดยตรง และจะถูกกัดกร่อนด้วยอัตราที่รุนแรงกว่าเดิม ซึ่งขบวนการดังกล่าว จะใช้ระยะเวลาในการดำเนินการแตกต่างกัน ขึ้นกับสภาวะแวดล้อมและคุณสมบัติของคอนกรีต จึงทำให้โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กมีอายุที่แตกต่างกันไป

ในสภาพปัจจุบันมลภาวะภายในเขตกรุงเทพมหานคร นับวันจะทวีความรุนแรงเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ประกอบกับในระยะหลังการก่อสร้างโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กจำนวนมากในเวลาอันสั้น ซึ่งจะมีผลกระทบต่อคุณภาพของคอนกรีตทั้งในสภาพเหลว และในสภาพแข็ง อันจะนำมาซึ่งคุณสมบัติด้านความทนทาน ดังนั้น เพื่อป้องกันและหลีกเลี่ยงภัยพิบัติอันอาจจะเกิดจากการเสื่อมสภาพของคอนกรีต จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทำการศึกษาถึงการเสื่อมสภาพของคอนกรีต และการเกิดสนิมของเหล็กเสริมที่ฝังอยู่ในคอนกรีต อันเนื่องมาจากสภาวะแวดล้อมที่เปลี่ยนไป

1.2 วัตถุประสงค์

ศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการเสื่อมสภาพของคอนกรีต และการเป็นสนิมของเหล็กเสริมคอนกรีตจากสภาวะแวดล้อม ของกรุงเทพมหานคร โดยเน้นการศึกษา ในหัวข้อต่อไปนี้

1. การเคลื่อนตัวของก๊าซและความชื้นจากภายนอก และภายในเนื้อคอนกรีต
2. ผลกระทบของคุณสมบัติหลักที่มีต่อ สภาพความเป็นกรดด่างของเนื้อคอนกรีต
3. อัตราการเกิดคาร์บอเนชั่นของคอนกรีต ภายใต้กำลัง และสัดส่วนน้ำต่อซีเมนต์
4. อัตราการเกิดสนิมของเหล็กเสริม ตามสภาพของคอนกรีตที่เปลี่ยนไป

1.3 งานวิจัยที่ผ่านมา

ในปี ค.ศ. 1975 Swedish Cement and Concrete Research Institute [6] ได้ทำการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการสึกกร่อนของเหล็กที่ฝังอยู่ในคอนกรีต พบว่า การสึกกร่อนส่วนใหญ่เกิดจากคาร์บอเนชั่นหรือเกิดจากการที่คอนกรีตรอบ ๆ เหล็กเสริมมีความเข้มข้นของคลอไรด์สูงเกินไป ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้ความพรุนรอบ ๆ เหล็กเสริมเปลี่ยนแปลง และสารที่ทำให้เกิดการสึกกร่อนสามารถทะลวงผ่านได้ง่าย ต่อมาในปี ค.ศ.1985 The Building Research Establishment และ The Cement and Concrete Association [12] ได้ร่วมมือกันทำการวิจัยเกี่ยวกับ ความคงทนของคอนกรีตเสริมเหล็ก และได้สรุปว่า ความลึกคาร์บอเนชั่นขึ้นอยู่กับเวลา ลักษณะการสัมผัสความชื้น และกำลังอัดของคอนกรีตหรือสัดส่วนน้ำต่อซีเมนต์ อัตราการสึกกร่อนของเหล็กในคอนกรีตที่เกิดคาร์บอเนตจะน้อยเมื่อความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่า 75 เปอร์เซนต์ และมากที่ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซนต์ การเกิดคาร์บอเนชั่นจะลดค่า pH ของคอนกรีต และจะเป็นตัวเร่งการสึกกร่อน นอกจากนี้รอยแตกร้าวเนื่องจากการดัดจะเป็นตัวเร่งในการสึกกร่อนเฉพาะที่ในช่วง 2-3 ปี

แรก แต่ในระยะยาวจะมีผลน้อยลง Rostasy และ Bunte [29] ได้เสนอแบบจำลองสำหรับทำนายความทนทานของแผ่นพื้นคอนกรีตที่สัมผัส กับสภาพภูมิอากาศที่สร้างขึ้น โดยเป็นแบบจำลองที่รวมกันระหว่างกฎคาร์บอเนชั่นที่ได้มาจากทฤษฎี กับการวัดความสามารถในการซึมผ่านคอนกรีตที่หุ้มเหล็กจากสถานที่ก่อสร้าง โดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย UomotoและCahyadi [30] ได้เสนอแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อทำนายอิทธิพลของความชื้นสัมพัทธ์ที่มีผลต่อการเกิดคาร์บอเนชั่นของคอนกรีต โดยเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ระยะเวลาที่ได้สัมผัส และสัดส่วนน้ำต่อซีเมนต์ สำหรับความชื้นสัมพัทธ์วิกฤตที่ทำให้เกิดคาร์บอเนชั่นสูงสุดมีค่าประมาณ 50 เปอร์เซนต์

1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาองค์ประกอบที่มีผลกระทบ ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของคอนกรีต และเหล็กเสริม ได้แก่ ก๊าซออกซิเจน (O_2) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) น้ำ (H_2O) ความสามารถในการซึมผ่าน สัดส่วนน้ำต่อซีเมนต์ ความหนาของคอนกรีตที่หุ้มเหล็ก กำลังอัดของคอนกรีต และการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ

2. เก็บรวบรวมข้อมูล

2.1 วัดกำลังคอนกรีต ของโครงสร้างสะพานคอนกรีต โดยใช้วิธีการของ Schmidth Hammer ตามมาตรฐาน ASTM C850-79

2.2 วัดความลึกคาร์บอเนชั่น โดยการเจาะเนื้อคอนกรีต แล้วพ่นด้วยสารเคมีฟีนอลฟธาลีน ($C_{20}H_{14}O_4$) และทำการวัดความลึกคาร์บอเนชั่นที่เกิดขึ้น ซึ่งก็คือส่วนที่เป็นสีขาว สำหรับสีม่วงนั้นแสดงถึงสภาพคอนกรีตที่เป็นด่าง คือ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH)_2$)

3. นำเสนอแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ได้แก่

3.1 แบบจำลองการควบแน่นของน้ำภายในรูพรุน

3.2 แบบจำลองการเคลื่อนตัวของก๊าซผ่านเนื้อคอนกรีต

3.3 อัตราการเกิดคาร์บอเนชั่นของคอนกรีต

3.4 อัตราการเกิดสนิมของเหล็กเสริม

4. นำข้อมูลที่ได้จากการตรวจสอบโครงสร้างมาคำนวณค่าทางสถิติต่าง ๆ เช่น ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

5. วิเคราะห์เปรียบเทียบผลการเกิดความลึกคาร์บอเนชั่นของคอนกรีต และการเกิดสนิมของเหล็กเสริม กับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น แล้วนำมาวิจารณ์สรุปผล

1.5 ขอบข่ายของงานวิจัย

1. โครงสร้างที่ใช้ทำการศึกษาวิจัย คือ โครงสร้างสะพานคอนกรีตในเขตกรุงเทพมหานคร

2. การเกิดคาร์บอเนชั่นของคอนกรีต และการเกิดสนิมของเหล็กเสริมในงานวิจัยนี้จะไม่พิจารณาผลอันเนื่องมาจากรอยแตกร้าวของโครงสร้าง

3. ก๊าซที่ทำการศึกษา ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซออกซิเจน ทั้งในสภาวะอากาศแห้ง และอากาศชื้น

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงอัตราการเกิดคาร์บอเนชั่นของคอนกรีต และอัตราการเกิดสนิมของเหล็กเสริม ของโครงสร้างสะพานคอนกรีต

2. ทราบถึงสาเหตุที่มีผลกระทบต่ออัตราการเกิดคาร์บอเนชั่นของคอนกรีต และอัตราการเกิดสนิมของเหล็กเสริม

3. นำไปสู่การปรับปรุงแก้ไขวิธีการออกแบบทางด้านความทนทาน เพื่อให้มีอายุการใช้งานที่ยาวนานขึ้น

4. เป็นข้อมูลเบื้องต้นที่จะนำไป ทำการซ่อมแซมโครงสร้างสะพานคอนกรีต ก่อนที่จะวิบัติลงมาเป็นอันตรายต่อชีวิต และทรัพย์สิน ซึ่งเป็นความเสียหายเชิงเศรษฐกิจ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย