บทที่ 7
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตเป็นคุณสมบัติหนึ่งที่ใช้ในการควบคุมคุณภาพ แต่เนื่องจากการทดสอบกำลังรับแรงอัดต้องทดสอบที่อายุคอนกรีต 28 วัน ซึ่งก่อให้เกิดผลเสียหายตามมาในกรณีที่กำลังรับแรงอัดไม่เป็นไปตามกำหนด เช่น ความล่าช้า และค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างที่เพิ่มขึ้น อีกทั้งมีปัจจัยหลายประการที่ส่งผลต่อกำลังรับแรงอัด ดังนั้นในการศึกษานี้จึงนำวิธีโครงข่ายประสาทเทียมมาใช้ในการพยากรณ์ค่ากำลังรับแรงอัด โดยใช้ข้อมูลสัดส่วนผสมคอนกรีตที่มีความหลากหลาย โดยสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

7.1 โครงสร้างโครงข่ายประสาทเทียมในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดของคอนกรีต

ในการศึกษาแบ่งข้อมูลคอนกรีตเป็น 2 ส่วน คือ ข้อมูลจากห้องทดลอง และข้อมูลจากโรงผสมคอนกรีต โดยสรุปโครงสร้างโครงข่ายประสาทเทียมที่มีความเหมาะสมสำหรับการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่มีค่ากำลังรับแรงอัด 150-550 ksc. ได้ดังตารางที่ 7.1

ตารางที่ 7.1 โครงสร้างโครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดของคอนกรีต

โครงสร้าง	ข้อมูลจากห้องทดลอง	ข้อมูลจากโรงผสมคอนกรีต
ปัจจัยนำเข้า (Input)	น้ำหนักของวัสดุผสมต่อคอนกรีต 1 ลูกบาศก์เมตร 1. ซีเมนต์ 2. น้ำ 3. มวลรวมหยาบ (หิน) 4. มวลรวมละเอียด (ทราย) 5. น้ำหนักหลังถอดแบบต่อหน่วยปริมาตร	น้ำหนักของวัสดุผสมต่อคอนกรีต 1 ลูกบาศก์เมตร 1. ซีเมนต์ 2. เถ้าลอย 3. น้ำ 4. มวลรวมหยาบ (หิน) 5. มวลรวมละเอียด (ทราย) 6. สารผสมเพิ่ม
ผลลัพธ์ (Output)	1. กำลังรับแรงอัด	1. กำลังรับแรงอัด 2. ความข้นเหลว
จำนวนชั้นซ่อน	1 ชั้น	1 ชั้น
จำนวนหน่วยในแต่ละชั้นซ่อน	4 หน่วย	5 หน่วย
รอบการปรับค่าน้ำหนัก/เบี่ยงเบน	100 รอบ	50 รอบ

7.2 ประสิทธิภาพในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม

โครงข่ายประสาทเทียมมีประสิทธิภาพในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตในกรณีที่

1. โครงข่ายประสาทเทียมเรียนรู้ข้อมูล และพยากรณ์ข้อมูลจากโรงผสมคอนกรีตเดียวกัน โดยมีค่า MAPE ในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดเท่ากับ 6.54%, 6.44% และ 9.69% สำหรับข้อมูลจากโรงผสมคอนกรีต นครหลวงคอนกรีต, คอนกรีตผสมเสร็จซีแพค และทีพีไอคอนกรีต ตามลำดับ
2. โครงข่ายประสาทเทียมเรียนรู้ข้อมูลจากทุกโรงผสมคอนกรีต เพื่อใช้ในการพยากรณ์ค่ากำลังรับแรงอัดของแต่ละโรงผสมคอนกรีต โดยมีค่า MAPE ในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดเท่ากับ 6.57%, 6.47% และ 9.79% สำหรับการพยากรณ์ข้อมูลจาก นครหลวงคอนกรีต, คอนกรีตผสมเสร็จซีแพค และทีพีไอคอนกรีต ตามลำดับ

จากการศึกษาพบว่าค่าผิดพลาดในการพยากรณ์สำหรับคอนกรีตที่มีกำลังรับแรงอัดระหว่าง 150 ถึง 550 ksc. มีค่าประมาณ 10-35, 10-36 และ 15-54 ksc. สำหรับโรงผสมคอนกรีตนครหลวงคอนกรีต, คอนกรีตผสมเสร็จซีแพค และทีพีไอคอนกรีต ตามลำดับ ซึ่งมีค่าต่ำกว่าส่วนเผื่อที่ใช้ในการออกแบบคอนกรีตตามมาตรฐาน ว.ส.ท. 1014-46 กำหนด คือเท่ากับ 70 และ 100 ksc. สำหรับคอนกรีตที่มีกำลังรับแรงอัดน้อยกว่า 210 ksc. และสูงกว่า 450 ksc. ตามลำดับ แสดงว่าการพยากรณ์ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมมีความแม่นยำ และค่าผิดพลาดมีค่าต่ำกว่าส่วนเผื่อตามมาตรฐาน ว.ส.ท.

อย่างไรก็ตามโครงข่ายประสาทเทียมมีประสิทธิภาพต่ำในการพยากรณ์ค่ากำลังรับแรงอัดในกรณีที่พยากรณ์ต่างโรงผสมคอนกรีตจากข้อมูลในกระบวนการเรียนรู้ เช่น กรณีที่โครงข่ายเรียนรู้ข้อมูลจากนครหลวงคอนกรีต เพื่อพยากรณ์กำลังรับแรงอัดของ คอนกรีตผสมเสร็จซีแพค และทีพีไอคอนกรีต โดยมีค่า MAPE ในการพยากรณ์เท่ากับ 26.50% และ 24.80% ตามลำดับ

7.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่อประสิทธิภาพในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดของโครงข่ายประสาทเทียม

1. รูปแบบข้อมูลในปัจจัยนำเข้า (Input) ที่เป็นข้อมูลน้ำหนักส่วนผสมแต่ละประเภท กับข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบอัตราส่วนของวัสดุผสม (เช่น อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์, อัตราส่วนทรายต่อมวลรวม, อัตราส่วนเพสต์ต่อมวลรวม) ไม่มีผลต่อประสิทธิภาพของโครงข่าย
2. ข้อมูลในกระบวนการเรียนรู้ที่มีความถูกต้อง ใกล้เคียงและครอบคลุมข้อมูลในกระบวนการทดสอบ ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการพยากรณ์ของโครงข่ายดีขึ้น

3. จำนวนรอบในการปรับค่าน้ำหนักและค่าเบี่ยงเบน (Epochs) จะลดลงเมื่อจำนวนผลลัพธ์ (Output) ลดลง โดยที่โครงสร้างของโครงข่ายและประสิทธิภาพในการพยากรณ์ยังคงเดิม สำหรับข้อมูลชุดเดียวกัน

7.4 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาพบว่าโครงข่ายประสาทเทียมเป็นวิธีหนึ่งที่ใช้ในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการพยากรณ์ข้อมูลจากโรงผสมคอนกรีตเดียวกันหรือมีข้อมูลจากโรงผสมคอนกรีตนั้นในชุดข้อมูลของกระบวนการเรียนรู้

เพื่อให้ค่าพยากรณ์ที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมมีความเชื่อมั่นสูง ดังนั้นในการนำค่าพยากรณ์ไปประยุกต์ใช้จริงควรมีการเผื่อค่าผิดพลาดในการพยากรณ์เท่ากับค่า MAPE ในการพยากรณ์ของแต่ละโรงผสมคอนกรีต

นอกจากนั้นควรมีการรวบรวมข้อมูลคอนกรีตจากหลายแหล่งข้อมูลในการสร้างเป็นระบบฐานข้อมูลคอนกรีต เพื่อประโยชน์ในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดและความข้นเหลวของคอนกรีตของวิศวกรและผู้เกี่ยวข้องให้มีความแม่นยำสูง ซึ่งจะช่วยลดเวลา และค่าใช้จ่ายในการทดลองหาสัดส่วนผสมคอนกรีตที่เหมาะสมสำหรับการก่อสร้าง

แต่เนื่องจากในการศึกษานี้มีขอบเขตในการศึกษาเฉพาะข้อมูลคอนกรีตปกติซึ่งมีค่ากำลังรับแรงอัดทรงกระบอกระหว่าง 150-550 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร โดยมีส่วนผสมซึ่งประกอบด้วย ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1, เถ้าลอย, มวลรวมตามมาตรฐาน ASTM C33, น้ำ และน้ำยาผสมคอนกรีตประเภทสารลดน้ำและสารหน่วงการก่อตัว (Admixture Type D: Water Reducing & Retarding) ซึ่งมีข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาเพิ่มเติมดังนี้

1. ศึกษาประสิทธิภาพในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดด้วยโครงข่ายประสาทเทียมของคอนกรีตกำลังสูงซึ่งมีแนวโน้มในการนำมาใช้งานก่อสร้างสูงขึ้น

2. ศึกษาวัสดุผสมคอนกรีตให้มีความหลากหลายยิ่งขึ้น เช่น ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทอื่น, สารผสมเพิ่มชนิดอื่นจำพวกซิลิกาฟูม, ประเภทและคุณสมบัติของมวลรวมหรือ น้ำยาผสมคอนกรีตประเภทอื่น

3. ศึกษาประสิทธิภาพในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตในโครงสร้างจริง ซึ่งมีผลจากปัจจัย เช่น กระบวนการเทคอนกรีต, การเตรียมแบบหล่อ, การจี้เขย่าคอนกรีต และการบ่มคอนกรีต เป็นต้น ซึ่งเป็นปัจจัยควบคุมในการศึกษานี้

4. การประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมในการหาสัดส่วนผสมของคอนกรีต โดยใช้กำลังรับแรงอัดและความข้นเหลวที่ต้องการเป็นปัจจัยนำเข้า (Input)