บทที่ 6

วิจารณ์และสรุปผลการวิจัย

6.1 เกี่ยวกับทฤษฎียีลด์ไลน์

ทฤษฎียีลด์ไลน์เป็นทฤษฎีขอบเขตบน สามารถใช้ในการวิเคราะห์และออกแบบระบบแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีรูปร่างตลอดจนที่รองรับลักษณะต่าง ๆ ทั่วไปได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงกว่าวิธีสากลอื่น ๆ เช่นในวิธีการออกแบบของมาตรฐาน ACI มีขีดความสามารถจำกัดใช้ได้กับแผ่นพื้นที่มีรูปร่างแบบง่าย นอกจากนี้แล้ว กรรมวิธีการวิเคราะห์ของทฤษฎียีลด์ไลน์ไม่ค่อยมีความยุ่งยากเกี่ยวกับคณิตศาสตร์มากนัก สามารถใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ที่มีใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบันช่วยในการวิเคราะห์ได้

ในงานวิจัยนี้ใช้เทคนิคผลต่างอนุพันธ์ย่อยงานเสมือนแบบทำซ้ำนำไปประยุกต์กับไมโครคอมพิวเตอร์และในตัวโปรแกรมยังทำการกำหนดค่าเริ่มต้นของตัวแปรให้ใกล้เคียงกับค่าที่ถูกต้องไว้ เทคนิคดังกล่าวทำให้การคำนวณได้คำตอบที่ต้องการรวดเร็วขึ้น

ในการออกแบบโดยทฤษฎียีลด์ไลน์ เปิดโอกาสให้ผู้ออกแบบกำหนดอัตราส่วนของแรงดัดตามตำแหน่งต่าง ๆ ในแผ่นพื้นได้ตามความต้องการ ดังตัวอย่างที่แสดงไว้ในบทที่ 5 โดยทั่วไปค่าอัตราส่วนของแรงดัดจะพยายามกำหนดให้สอดคล้องกับทฤษฎีอีลาสติก

ในการวิเคราะห์รูปแบบยีลด์ไลน์ของงานวิจัยนี้ เพื่อเป็นการลดความยุ่งยากจึงไม่ได้พิจารณาผลจากการแยกตัวของยีลด์ไลน์ที่มุม (Corner Effect)[7] คือใช้ยีลด์ไลน์เส้นเดียววิ่งออกจากมุม ทำให้น้ำหนักประลัยที่วิเคราะห์ได้มีค่ามากกว่าการพิจารณาการแยกตัวที่มุมเล็กน้อย อย่างไรก็ตามการงอเปลี่ยนทิศทางของเหล็กเสริม (Kinking of Bars) ตรงตำแหน่งยีลด์ไลน์[25] และผลของแรงกระทำในระนาบของแผ่นพื้น (Membrane Action)[25,26] ทำให้แผ่นพื้นรับน้ำหนักได้มากกว่าค่าที่วิเคราะห์ได้จากทฤษฎียีลด์ไลน์ ทำให้ความปลอดภัยเพิ่มขึ้น

นอกจากนี้แล้ว ในงานวิจัยนี้กำหนดให้ที่รองรับเป็นแนวเส้น ไม่เกิดการวิบัติในที่รองรับ ดังนั้นการวิบัติในลักษณะแผ่นพื้นประกอบกับคานตามเอกสารอ้างอิง[7,16] จึงไม่ได้นำมาพิจารณา

ในการออกแบบโดยทฤษฎียลค์ไลน์ สามารถหาแรงดัดด้านทานของแผ่นพื้นที่ต้องการได้ แต่สภาพการใช้งาน คือ ระยะโก่งและการแตกร้าวจะต้องควบคุมโดยวิธีอื่น ในงานวิจัยนี้ใช้มาตรฐานการออกแบบ ACI 1983 เข้าช่วย

6.2 ความยืดหยุ่นของโปรแกรมคอมพิวเตอร์

1. ในโปรแกรม กำหนดช่วงการเปลี่ยนค่าตัวแปรไว้เท่ากับ 0.05 เพื่อให้ผลที่ได้เหมาะสมกับสภาพการใช้งาน ผู้ใช้โปรแกรมสามารถเลือกเปลี่ยนค่าเองได้ตามต้องการ ถ้าป้อนค่าที่ละเอียดคอมพิวเตอร์จะทำงานช้า แต่ผลที่ได้จะมีความถูกต้องสูงมาก

2. ในโปรแกรม กำหนดค่าตัวประกอบภาระสำหรับน้ำหนักถาวรและน้ำหนักบรรทุกจรไว้เท่ากับ 1.4 และ 1.7 ตามลำดับ เพื่อให้เหมาะสมกับมาตรฐานการก่อสร้าง ผู้ใช้โปรแกรมสามารถเปลี่ยนแปลงค่าดังกล่าวได้

3. ในโปรแกรมกำหนดความหนาต่ำสุดของแผ่นพื้นตามมาตรฐานการออกแบบ ACI 1983 เพื่อให้เหมาะสมกับค่าน้ำหนักที่ใช้งานและรูปทรงทางเรขาคณิตของแผ่นพื้น ผู้ใช้โปรแกรมสามารถเปลี่ยนค่าความหนาต่ำสุดของแผ่นพื้นได้

6.3 เนื้อที่ความจำของไมโครคอมพิวเตอร์

ในงานวิจัยนี้ใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ Apple II มีหน่วยความจำเพียง 48 เคไบท์ แต่โปรแกรมทั้งหมดมีความยาวมาก เกินหน่วยความจำของเครื่องและลักษณะของปัญหามีข้อมูลน้อย เพื่อความสะดวกในการทำงานของเครื่อง จึงแบ่งโปรแกรมออกเป็นสี่ส่วน ซึ่งจะถูกเรียกเข้าไปทำงานในเครื่องทีละส่วนตามขั้นตอนและหน้าที่ของโปรแกรมแต่ละส่วน โดยที่ข้อมูลอยู่ในหน่วยความจำของเครื่องตลอดเวลาของการทำงาน โดยเฉลี่ยแล้วใช้หน่วยความจำสูงสุดประมาณ 30 เคไบท์

6.4 เวลาการทำงานของไมโครคอมพิวเตอร์

เวลาที่ใช้จะไม่แน่นอน ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายอย่างด้วยกัน คือ

1. ชนิดของแผ่นพื้นที่ทำการออกแบบ

แผ่นพื้นที่มีรูปแบบยีลด์ไลน์มากและสมการมีความยาวหรือตัวแปรมากจะใช้เวลามากตามไปด้วย

2. ช่วงการเปลี่ยนค่าของตัวแปรในการคำนวณแบบทำซ้ำ ถ้าช่วงละเอียดจะใช้เวลามาก

3. รูปทรงทางเรขาคณิตของแผ่นพื้น

ในแผ่นพื้นชนิดเดียวกัน รูปทรงทางเรขาคณิตต่างกัน จำนวนรูปแบบยีลด์ไลน์ที่เกิดขึ้นอาจจะไม่เท่ากัน และจำนวนช่วงของตัวแปรอาจจะต่างกันด้วย

4. การรับแรงดัดชนิดลบของที่รองรับ

ถ้าแรงดัดเป็นศูนย์ทุกขอบ ทำให้ไม่ต้องวิเคราะห์หาความยาวเหล็กบน ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ใช้เวลามากพอสมควร

ในงานวิจัยนี้ แผ่นพื้นที่เครื่องใช้เวลาในการออกแบบมากที่สุดคือ แผ่นพื้นชนิดที่ 7 ถ้าใช้ช่วงการเปลี่ยนค่าตัวแปรตามที่กำหนดไว้ในโปรแกรม การออกแบบแผ่นพื้นทุกชนิด ที่มีสภาวะเงื่อนไขของที่รองรับต่าง ๆ จะใช้เวลาอย่างมากอยู่ในช่วงไม่เกิน 15 นาที

6.5 สรุปผลการวิจัย

จากงานวิจัยสามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. ทฤษฎียีลด์ไลน์สามารถใช้ในการวิเคราะห์และออกแบบระบบแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีรูปร่างซับซ้อนได้สะดวกกว่าทฤษฎีอีลาสติกและมาตรฐานการออกแบบ ACI มาก

2. จากการเปรียบเทียบค่าแรงดัดประลัยชนิดบวกที่วิเคราะห์ได้ตรงตำแหน่งกลางช่วงสั้นในแผ่นพื้นชนิดที่ 1 จากทฤษฎียีลด์ไลน์กับค่าที่วิเคราะห์ได้จากทฤษฎีอีลาสติกซึ่งเป็นทฤษฎีขอบเขตล่าง ผลการเปรียบเทียบจากตารางที่ 5.1 เมื่อแผ่นพื้นรับน้ำหนักบรรทุกประลัยเท่ากัน ค่าแรงดัดประลัยที่วิเคราะห์ได้จากทฤษฎีอีลาสติกจะให้ค่าสูงกว่าการวิเคราะห์โดยทฤษฎียีลด์ไลน์

และเมื่อนำผลไปเปรียบเทียบกับมาตรฐานการออกแบบ 23 (วิธีที่ 2) ผลการเปรียบเทียบจากตารางที่ 5.2 มาตรฐานการออกแบบจะให้ค่าแรงดัดประลัยสูงกว่าเช่นกันและค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างจะมากถ้าด้านต่อเนื่องของแผ่นพื้นมีน้อย

3. จากการเปรียบเทียบปริมาตรเหล็กเสริมที่ใช้ในตัวอย่างแผ่นพื้นชนิดที่ 1 กำหนดให้มีด้านต่อเนื่องทั้งสี่ด้านระหว่างการออกแบบ โดยอาศัยผลการวิเคราะห์จากทฤษฎียีลด์ไลน์กับการออกแบบของมาตรฐานการออกแบบ 23 (วิธีที่ 2) โดยคิดการเสริมเหล็กในลักษณะแถบกลางและแถบเสา ผลการเปรียบเทียบจากตารางที่ 5.4 เมื่อแผ่นพื้นรับน้ำหนักบรรทุกจรน้อยปริมาตรเหล็กเสริมที่ออกแบบได้ของทั้งสองวิธีจะใกล้เคียงกันมาก เนื่องจากถูกควบคุมด้วยเหล็กอุณหภูมิ และเมื่อรับน้ำหนักบรรทุกจรมากขึ้น ผลการออกแบบจากทฤษฎียีลด์ไลน์จะประหยัดเหล็กกว่า

4. ขนาดของช่องเปิดมีผลต่อแรงดัดที่เกิดขึ้น จากการศึกษาตัวอย่างแผ่นพื้นสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีที่รองรับแบบง่าย ไม่มีน้ำหนักแนวเส้นบนขอบของช่องเปิดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่วางอยู่ตรงกลางของแผ่นพื้น ทำให้ทราบว่าแรงดัดที่เพิ่มขึ้นมากสุด (เมื่อเทียบกับแผ่นพื้นไม่มีช่องเปิด) ประมาณ 13 เปอร์เซนต์ โดยที่ขนาดของช่องเปิดอยู่ในช่วง 0.2 ถึง 0.3 เท่าของด้านแผ่นพื้น

5. การวิเคราะห์และออกแบบแผ่นพื้นโดยทฤษฎียีลด์ไลน์สามารถนำไปประยุกต์กับไมโครคอมพิวเตอร์ได้ดี โดยใช้หลักการของงานเสมือนแบบทำซ้ำ

6.6 ข้อเสนอแนะในการใช้โปรแกรมนอกขอบข่ายของงานวิจัย

ในงานวิจัยนี้ ศึกษาการออกแบบแผ่นพื้นสี่เหลี่ยมผืนผ้า 7 ชนิด ในกรณีที่มีช่องเปิดก็จะเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าด้วย ถ้ารูปร่างของแผ่นพื้นที่ใช้งานต่างไปจากงานวิจัยนี้ อาจจะทำการป้อนข้อมูลให้เทียบเคียงกันได้ เช่น

1. แผ่นพื้นที่ใช้งาน เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า แต่มีช่องเปิดเป็นวงกลมอยู่ที่ตำแหน่งใด ๆ ภายในแผ่นพื้นสามารถใช้แผ่นพื้นชนิดที่ 7 ในโปรแกรมออกแบบได้ โดยป้อนข้อมูลของช่องเปิดเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสมีความยาวของด้านเท่ากับเส้นผ่าศูนย์กลางของช่องเปิดวงกลม วางอยู่ในตำแหน่งเดียวกัน

2. ในกรณีแผ่นพื้นที่ใช้งาน เป็นรูปสี่ เหลี่ยมผืนผ้า มีที่รองรับเป็นแนว เส้นทุกด้าน รับน้ำหนักแผ่กระจายสม่ำ เสมอและน้ำหนักแนว เส้นบนแผ่นพื้น สามารถใช้แผ่นพื้นชนิดที่ 7 ในโปรแกรมออกแบบได้ โดยแทนตำแหน่งของน้ำหนักแนว เส้นด้วยขนาดช่อง เปิดที่มีระยะแคบน้อย ๆ และความยาวของช่อง เปิดใกล้ เคียงหรือ เท่ากับความยาวของน้ำหนักแนว เส้น แต่ต้องน้อยกว่าด้านของแผ่นพื้น เล็กน้อย