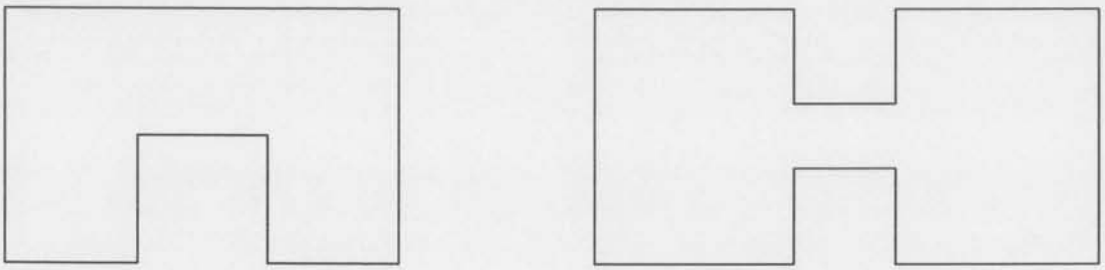
บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีทางด้านคอมพิวเตอร์อย่างรวดเร็ว ซึ่งส่งผลให้มีการคำนวณด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลขเพิ่มขึ้น รวมทั้งเพิ่มประสิทธิภาพของการวิเคราะห์ปัญหาทางด้านต่างๆ อย่างไรก็ตาม การวิเคราะห์ปัญหาทางด้านคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามีความซับซ้อนมาก ซึ่งในการวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลขด้วยวิธีใดเพียงวิธีหนึ่งนั้น ไม่สามารถนำไปวิเคราะห์ทุกๆปัญหาได้ทั้งหมด ปัจุบันระเบียบวิธีไฟไนต์อีลีเมนต์เป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้ในการแก้ปัญหาทางวิศวกรรมและวิทยาศาสตร์ ซึ่งวิธีการนี้อยู่บนแนวความคิดที่ว่า ฟังก์ชันที่มีความต่อเนื่องตลอดทั้งขอบเขตของปัญหาสามารถประมาณค่าอย่างต่อเนื่องเป็นช่วงๆ ด้วยฟังก์ชันโพลิโนเมียลได้ ซึ่งสามารถแบ่งขอบเขตออกเป็นบริเวณย่อยๆ เรียกว่า อีลีเมนต์ ซึ่งโครงสร้างที่ต่อเนื่องกันระหว่างโนด เรียกว่า เมช ในการคำนวณด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์อีลีเมนต์จำเป็นต้องกำหนดอีลีเมนต์ เพื่อใช้ในการคำนวณค่าต่างๆภายในบริเวณที่ต้องการ ดังนั้น ประสิทธิภาพของการคำนวณด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์อีลีเมนต์ ขึ้นอยู่กับการกำหนดอีลีเมนต์ที่เหมาะสมกับบริเวณที่พิจารณา อย่างไรก็ตาม เมื่อบริเวณที่พิจารณานั้นเกิดการเปลี่ยนแปลง ทำให้ต้องมีการกำหนดอีลีเมนต์ใหม่เพื่อความเหมาะสม จะเห็นได้ว่า ระเบียบวิธีไฟไนต์อีลีเมนต์มีจุดด้อยในการคำนวณ คือ จำเป็นต้องมีการสร้างเมชใหม่สำหรับการคำนวณใหม่ในแต่ละครั้ง ดังนั้น จึงได้มีการพัฒนาวิธีการใหม่ขึ้น เรียกว่า ระเบียบวิธีการไร้เมช ซึ่งเป็นระเบียบวิธีการที่สร้างฟังก์ชันรูปร่างโดยอาศัยเพียงกลุ่มของโนดในบริเวณที่สนใจที่จะพิจารณา

ในงานวิจัยนี้ ได้ศึกษาระเบียบวิธีการไร้เมช เพื่อนำไปใช้ในการประยุกต์เพื่อคำนวณสนามแม่เหล็กไฟฟ้าภายในท่อนำคลื่น ซึ่งขอบเขตของบริเวณที่พิจารณานั้น แสดงกลุ่มของโนดที่ต้องการประมาณ โดยไม่จำต้องมีการแบ่งเมช ซึ่งเป็นการช่วยลดปัญหาความยุ่งยากในการสร้างเมช โดยที่ฟังก์ชันที่ใช้ประมาณนั้นจะขึ้นอยู่กับจำนวนโนดซึ่งอยู่ภายในบริเวณที่ทำการพิจารณาและไม่จำเป็นต้องมีความสัมพันธ์ระหว่างโนด ซึ่งทำให้สะดวกในการเพิ่มความละเอียดของฟังก์ชันในบริเวณที่ทำการ พิจารณาซึ่งท่อนำคลื่นโครงสร้างภาคตัดขวางเช่น

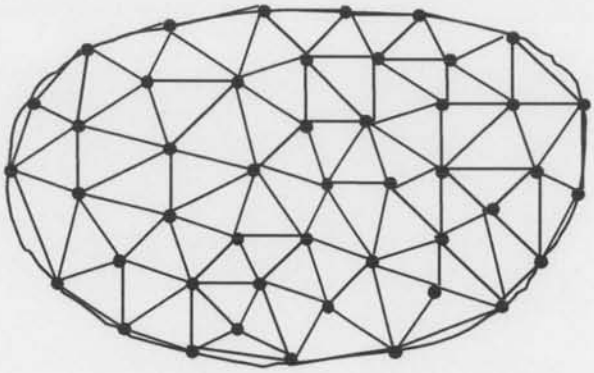


ก.ท่อนำคลื่นแบบสันเดี่ยว ข.ท่อนำคลื่นหน้าแบบสันคู่

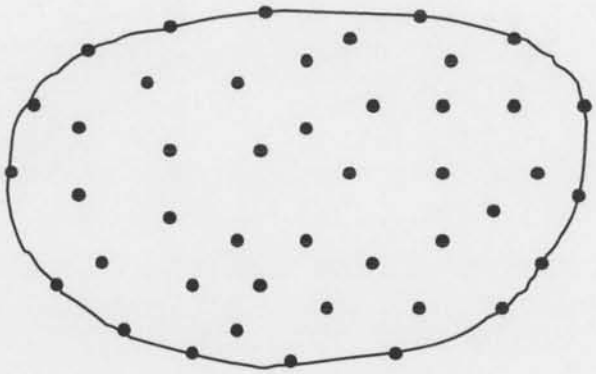
รูปที่ 1.1 โครงสร้างภาคตัดขวางของท่อนำคลื่น

โดยทั่วไปขอบเขตที่พิจารณาที่มีรูปร่างซ้อนจะเริ่มพิจารณาจากรูปแบบง่ายๆอย่างเช่น เส้นโค้งหรือพื้นผิวส่วนโค้งโดยที่ในวิธีไฟไนต์อีลีเมนต์จะพิจารณาจากอีลีเมนต์เล็กๆซึ่งขอบเขตที่พิจารณาทั้งหมดจะได้จากผลรวมของอีลีเมนต์ย่อยๆซึ่งในรูปที่ 1.2 แสดงการใช้อีลีเมนต์ที่เป็นรูปสามเหลี่ยมเล็กๆหลายรูปเพื่อพิจารณาแทนขอบเขตที่จะพิจารณาซึ่งความถูกต้องของวิธีนี้จะขึ้นอยู่กับจำนวนของอีลีเมนต์และอันดับของอีลีเมนต์ที่ใช้ ซึ่งรูปร่างของอีลีเมนต์ที่เหมาะสมจะให้ผลลัพธ์ที่มีความถูกต้องมากขึ้นอย่างไรก็ตามเพราะข้อจำกัดของเวลาและเครื่องมือจึงเกิดข้อจำกัดของการใช้จำนวนของอีลีเมนต์ดังนั้นในบริเวณที่มีความสำคัญที่ต้องการความละเอียดของคำตอบจะต้องใช้อีลีเมนต์ที่มีความเหมาะสมรวมทั้งจำนวนอีลีเมนต์ที่ใช้เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องตามที่ต้องการในแต่ละบริเวณของขอบเขตที่พิจารณา

ในวิธีไร้เมชขอบเขตของปัญหาที่พิจารณาแสดงได้โดยใช้โนดดังรูปที่ 1.3 ซึ่งฟังก์ชันที่ใช้ประมาณในวิธีนี้จะใช้เพียงโนดซึ่งฟังก์ชันที่ประมาณจะมีความถูกต้องมากเมื่อเทียบกับวิธีไฟไนต์อีลีเมนต์

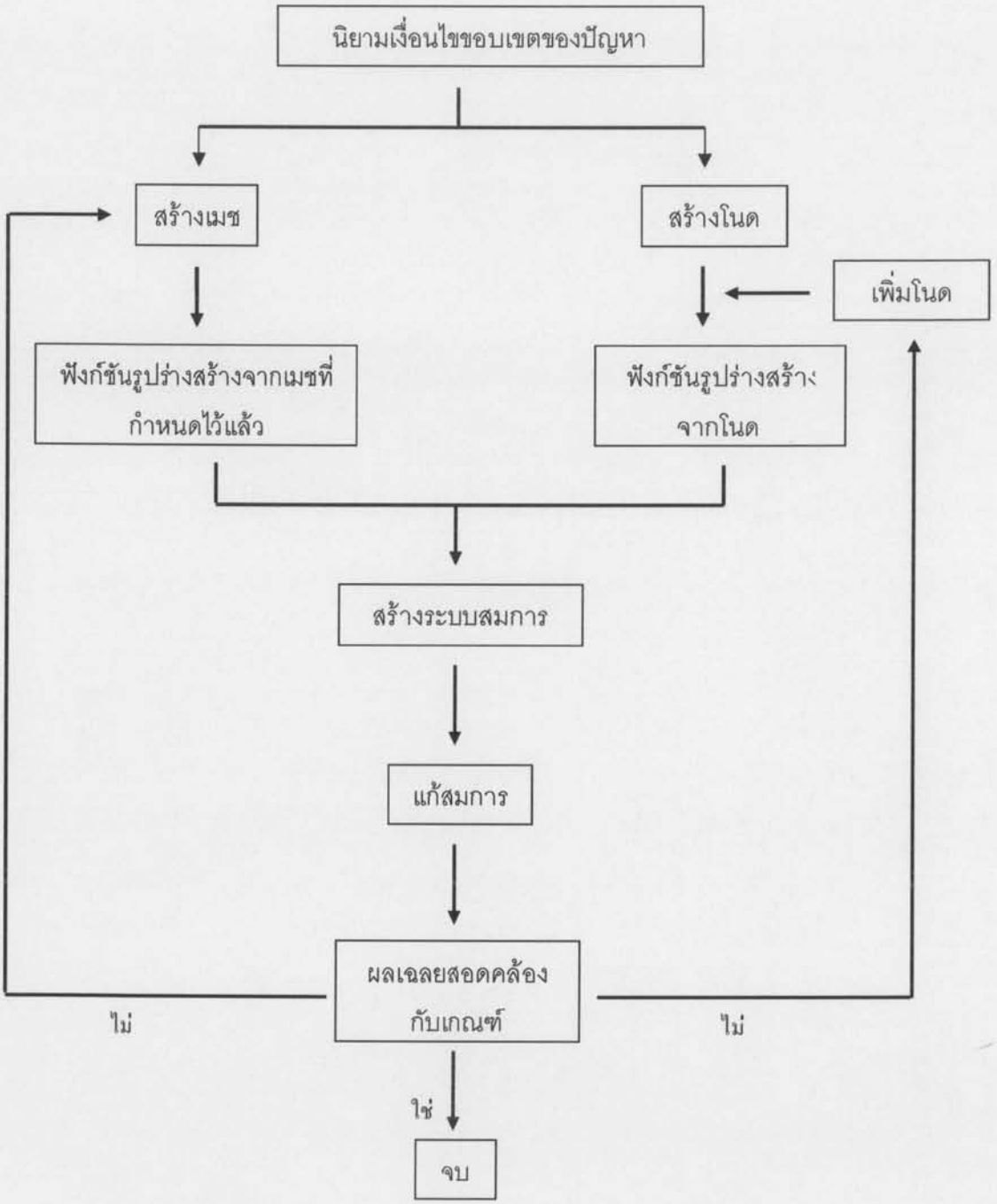


รูปที่ 1.2 ขอบเขตที่พิจารณาในระเบียบวิธีไฟไนต์อีลีเมนต์



รูปที่ 1.3 ขอบเขตที่พิจารณาในระเบียบวิธีไร้เมช

โดยที่โครงสร้างการเปรียบเทียบการคำนวณระหว่างระเบียบวิธีไร้เมชและระเบียบวิธีไฟไนต์อีลีเมนต์แสดงได้ดังรูปที่ 1.4



รูปที่ 1.4 อัลกอริทึมของระเบียบวิธีไฟไนต์อีลีเมนต์และระเบียบวิธีไร้เมช

เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 1.4 ความแตกต่างระหว่างการคำนวณโดยระเบียบวิธีไร้เมชและระเบียบวิธีไฟไนต์อีลีเมนต์คือในกรณีที่ต้องการความถูกต้องในการคำนวณโดยการเพิ่มจำนวนโนดหรือตัวแปรไม่ทราบค่าซึ่งจะต้องมีการคำนวณใหม่ในระเบียบวิธีไร้เมชจะคำนวณโดยการเพิ่มโนดเข้าไปในเพื่อใช้ในการคำนวณแต่ในระเบียบวิธีไฟไนต์อีลีเมนต์จะเริ่มขั้นตอนคำนวณใหม่

การนำเสนอในวิทยานิพนธ์นี้แบ่งออกเป็น 5 บทคือ บทที่ 1 บทนำกล่าวถึงลักษณะโดยทั่วไปของระเบียบวิธีไร้เมชและระเบียบวิธีไฟไนต์อีลีเมนต์ บทที่ 2 ทฤษฎี กล่าวถึงท่อนำคลื่นแบบเอกพันธ์และระเบียบวิธีไร้เมช บทที่ 3 เสนอการวิเคราะห์ท่อนำคลื่นโดยใช้ระเบียบวิธีไร้เมชซึ่งใช้ฟังก์ชันรูปร่างแบบเคลื่อนที่กำลังสองน้อยที่สุดโดยเปรียบเทียบกับระเบียบวิธีไฟไฟต์อีลีเมนต์โดยใช้ฟังก์ชันรูปร่างแบบโนด บทที่4 เสนอการวิเคราะห์ท่อนำคลื่นโดยใช้ฟังก์ชันรูปร่างแบบเรเดียลพ้อยอินเทอโพเลชั่น บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2. เสนอวิธีวิเคราะห์สนามแม่เหล็กไฟฟ้าในท่อนำคลื่นด้วยวิธีไร้เมช(meshless method)ที่ใช้การประมาณฟังก์ชันแบบเคลื่อนที่กำลังสองน้อยที่สุด(moving least square)
3. เสนอผลการเปรียบเทียบข้อเด่นและข้อด้อยของวิธีไร้เมชเปรียบเทียบกับวิธีไฟไนต์อีลีเมนต์สำหรับการวิเคราะห์ท่อนำคลื่น

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. เสนอวิธีวิเคราะห์โมดในท่อนำคลื่นโดยใช้วิธีไร้เมช
2. เสนอผลการเปรียบเทียบการคำนวณโมดเจาะจงระหว่างวิธีไร้เมชกับวิธีไฟไนต์อีลีเมนต์
3. เสนอวิธีการประยุกต์ใช้วิธีไร้เมชกับการวิเคราะห์ท่อนำคลื่นที่รูปร่างใดๆใน 2 มิติ
4. เสนอข้อได้เปรียบและข้อเสียเปรียบของวิธีไร้เมชเมื่อเทียบกับวิธีไฟไนต์อีลีเมนต์สำหรับการวิเคราะห์ท่อนำคลื่น

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

2. ศึกษาวิธีการประมาณฟังก์ชันโดยวิธีเคลื่อนที่กำลังสองน้อยที่สุด
3. ศึกษาการประมาณเงื่อนไขขอบเขตสำหรับฟังก์ชันที่ประมาณด้วยวิธีเคลื่อนที่กำลังสองน้อยที่สุด
4. ศึกษาวิธีการนำฟังก์ชันการประมาณไปใช้ในการวิเคราะห์โมดเจาะจงในท่อนำคลื่นด้วยวิธีกาเลอร์คิน
5. เขียนโปรแกรมเพื่อคำนวณ
6. ทดสอบความถูกต้องของโปรแกรมคำนวณกับผลการคำนวณด้วยวิธีไฟไนต์อีลีเมนต์และกรณีตัวอย่างอื่น ๆ ที่มีการตีพิมพ์ไว้
7. เปรียบเทียบข้อได้เปรียบกับข้อเสียเปรียบของวิธีไร้เมช
8. สรุปผลการวิจัย
9. เขียนวิทยานิพนธ์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้วิธีการคำนวณวิเคราะห์ท่อนำคลื่นแบบใหม่
2. ได้วิธีการคำนวณที่สามารถลดปัญหาการแบ่งเมชหลายครั้ง