บทที่ 3

โปรแกรมรวมเพื่อการวิเคราะห์ และ ออกแบบ

ปัญหาเรื่องหน่วยความจำ

1. การเลือกคอมไพเลอร์

ในการทำโปรแกรมรวมสำหรับการวิเคราะห์ และ ออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก ซึ่งเป็นโปรแกรมขนาดใหญ่นั้น จำเป็นต้องคำนึงถึงปัญหาในเรื่องของหน่วยความจำของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีอยู่จำกัด ทั้งนี้เนื่องจากอะเรย์ที่ใช้คำนวณบางตัวอาจจะมีขนาดใหญ่มาก คอมไพเลอร์เบสิคส่วนใหญ่มักจะจำกัดขนาดของตัวแปรไว้ไม่เกิน 64K ในการศึกษานี้ได้เลือกใช้ QUICK BASIC 4.5 เป็นคอมไพเลอร์ซึ่งสามารถใช้ตัวแปรที่มีขนาดใหญ่กว่า 64K ได้ ทำให้ตัดปัญหาในเรื่องของการเก็บตัวแปรที่มีขนาดใหญ่กว่า 64K ออกไปได้ นอกจากข้อดีในเรื่องขนาดของตัวแปรแล้ว คอมไพเลอร์ที่เลือกใช้นี้ยังมีข้อดีที่สามารถเขียนเป็นโมดูล และ สามารถเขียนโปรแกรมแบบโครงสร้างได้

2. เนื้อที่ที่ต้องการสำหรับหน่วยความจำ

เพื่อให้เห็นภาพรวมเกี่ยวกับความต้องการเนื้อที่ใช้งานหน่วยความจำ พิจารณาโครงข้อแข็ง 50 ชั้น 5 ช่วงเป็นกรณีตัวอย่าง ข้อมูลของโครงสร้างที่ถูกเก็บไว้ในหน่วยความจำหลักประกอบด้วย พิกัดทางเรขาคณิต คอนเนคติวิตีของชิ้นส่วน (Element connectivity) สภาพปลาย (Boundary condition) ของจุดต่อ คุณสมบัติทางด้านวัสดุของชิ้นส่วน

(Material properties) สำหรับน้ำหนักบรรทุกที่กระทำถูกเก็บไว้ในหน่วยความจำสำรอง ประกอบด้วย แรงกระทำที่จุดต่อ น้ำหนักบรรทุกสม่ำเสมอ (Uniform load) และ น้ำหนักบรรทุกเป็นจุด (Point load) กระทำกับชิ้นส่วน จากข้อมูลของโครงสร้างเมื่อทำการคำนวณต้องการเนื้อที่สำหรับเมตริกซ์ที่สร้างขึ้นมาดังนี้ สติฟเนสเมตริกซ์ของโครงสร้าง แรงยึดแน่นที่ปลายชิ้นส่วนเนื่องจากน้ำหนักกระทำ 1 ชุด แรงภายนอกกระทำที่จุดต่อ การเปลี่ยนตำแหน่งที่จุดต่อ และ แรงภายในที่ปลายชิ้นส่วนเนื่องจากน้ำหนักกระทำ 1 ชุด เก็บไว้ในหน่วยความจำหลัก โดยที่เมตริกซ์การเปลี่ยนตำแหน่งที่จุดต่อถูกเก็บไว้แทนที่เมตริกซ์ของแรงภายนอก และเมตริกซ์ของแรงภายในที่ปลายชิ้นส่วนถูกเก็บไว้ในแทนที่เมตริกซ์ของแรงยึดแน่นที่ปลายชิ้นส่วน จากกรณีตัวอย่างนั้นพบว่า ต้องใช้เนื้อที่ของหน่วยความจำสำหรับ ข้อมูลประมาณ 8 % สติฟเนสเมตริกซ์ประมาณ 70 % แรงภายนอกกระทำที่จุดต่อและการเปลี่ยนตำแหน่งที่จุดต่อประมาณ 3 % แรงยึดแน่นที่ปลายชิ้นส่วนและแรงภายในที่ปลายชิ้นส่วน เนื่องจากน้ำหนักกระทำชุดเดียวประมาณ 13 % และ อื่น ๆ ประมาณ 6 %

จากการประมาณเนื้อที่ใช้งานของหน่วยความจำจากกรณีตัวอย่างข้างต้น จะเห็นว่าตัวแปรที่เก็บค่าสติฟเนสเมตริกซ์ต้องการเนื้อที่ของหน่วยความจำประมาณ 70 % ของหน่วยความจำที่ต้องใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างที่มีน้ำหนักกระทำเพียงชุดเดียว การแก้ปัญหาในส่วนนี้จึงขึ้นอยู่กับการเลือกใช้การเก็บข้อมูลที่มีประสิทธิภาพ ในการศึกษานี้เลือกใช้การเก็บข้อมูลแบบสกายไลน์แบบมีสมมาตร (Symmetrical skyline solver) ข้อมูลที่เก็บจะมีเฉพาะข้อมูลที่อยู่ส่วนบนของเมตริกซ์ และ อยู่ใต้สกายไลน์ เท่านั้น

3. <u>อัลกอริทึมสำหรับกรณีที่มีน้ำหนักหลายชุดกระทำกับโครงสร้าง</u>

ในกรณีที่มีน้ำหนักหลายชุดกระทำกับโครงสร้าง การคำนวณต้องการหน่วยความจำเพิ่มขึ้นสำหรับ เมตริกซ์ของแรงภายนอกกระทำที่จุดต่อและการเปลี่ยนตำแหน่งที่จุดต่อ เมตริกซ์ของแรงยึดแน่นที่ปลายและแรงภายในที่ปลายชิ้นส่วน โดยทั่วไปถ้าน้ำหนักที่กระทำมีเพียง 1 หรือ 2 ชุดมักจะไม่เป็นปัญหาในการคำนวณ แต่ในกรณีที่มีน้ำหนักกระทำหลาย ๆ ชุด ตัวแปรนี้จะมีขนาดใหญ่มาก ยกตัวอย่างเช่น ถ้ามีน้ำหนักกระทำ 5 ชุด หน่วยความจำที่ต้องการเพิ่มขึ้นจะมีขนาดพอ ๆ กับเนื้อที่หน่วยความจำที่ใช้เก็บสติฟเนสเมตริกซ์ หรือ มากกว่า ขึ้นอยู่กับลักษณะของโครงสร้าง การแก้ปัญหาเนื่องจากมีน้ำหนักกระทำหลาย ๆ ชุด อาจทำได้ 2 วิธี กล่าวคือ

3.1 สังเคราะห์เมตริกซ์ของแรงภายนอกกระทำที่จุดต่อ และ แก้สมการจนได้การเปลี่ยนตำแหน่งที่จุดต่อของน้ำหนักชุดที่พิจารณา จากนั้นนำค่าการเปลี่ยนตำแหน่งที่จุดต่อ และแรงยึดแน่นที่ปลายชิ้นส่วนไปเก็บไว้ในหน่วยความจำสำรอง ทำซ้ำในลักษณะเดียวกันสำหรับน้ำหนักกระทำชุดต่อไป เมื่อได้การเปลี่ยนตำแหน่งที่จุดต่อครบทุกชุดแล้ว อ่านค่าการเปลี่ยนตำแหน่งที่จุดต่อและแรงยึดแน่นที่ปลายชิ้นส่วนจากหน่วยความจำสำรองมารวมกันตามสัดส่วนของน้ำหนักกระทำ (Load factor) ที่จะใช้ในการออกแบบ จากนั้นจึงไปทำการคำนวณหาแรงกระทำที่ปลายชิ้นส่วน การแก้ปัญหาโดยวิธีนี้ต้องสร้างแฟ้มข้อมูลสำรองสำหรับ เก็บค่าแรงยึดแน่นที่ปลายชิ้นส่วนและเก็บค่าการเปลี่ยนตำแหน่งที่จุดต่อสำหรับน้ำหนักกระทำแต่ละชุด ยกตัวอย่างเช่น โครงข้อแข็งที่มีจำนวน 100 ชิ้นส่วน มีน้ำหนักกระทำ 5 ชุด ต้องมีการส่งถ่ายข้อมูลกับหน่วยความจำสำรอง 6000 ครั้ง สำหรับการเขียนข้อมูล และ 6000 ครั้ง สำหรับการอ่านข้อมูลในการคำนวณหาแรงภายในที่ปลายชิ้นส่วนเนื่องจากการเปลี่ยนสัดส่วนของน้ำหนักกระทำ 1 ครั้ง

3.2 สังเคราะห์เมตริกซ์ของแรงภายนอกกระทำที่จุดต่อ และ แก้สมการจนได้การเปลี่ยนตำแหน่งที่จุดต่อและแรงภายในที่ปลายชิ้นส่วนของน้ำหนักชุดที่พิจารณาโดยเมตริกซ์ของแรงภายในที่ปลายชิ้นส่วนถูกเก็บไว้แทนที่เมตริกซ์ของแรงยึดแน่นที่ปลายชิ้นส่วน จากนั้นนำค่าการเปลี่ยนตำแหน่งที่จุดต่อและแรงภายในที่ปลายชิ้นส่วนไปเก็บไว้ในหน่วยความจำสำรอง ทำซ้ำในลักษณะเดียวกันสำหรับน้ำหนักกระทำชุดต่อไปจนครบทุกชุด เมื่อได้การเปลี่ยนตำแหน่งที่จุดต่อและแรงภายในที่ปลายชิ้นส่วนครบทุกชุดแล้ว อ่านค่าการเปลี่ยนตำแหน่งที่จุดต่อและแรงภายในที่ปลายชิ้นส่วนจากหน่วยความจำสำรอง มารวมกันตามสัดส่วนของน้ำหนักกระทำที่จะใช้ในการออกแบบ การแก้ปัญหาโดยวิธีนี้ต้องสร้างแฟ้มข้อมูลสำรองสำหรับเก็บค่าการเปลี่ยนตำแหน่งที่จุดต่อ และแรงภายในที่ปลายชิ้นส่วนสำหรับน้ำหนักกระทำแต่ละชุด ในตัวอย่างโครงข้อแข็งเดียวกับที่กล่าวถึงในหัวข้อที่แล้ว จะต้องทำการส่งถ่ายข้อมูลกับหน่วยความจำสำรอง 6000 ครั้ง สำหรับการเขียนข้อมูล และ 6000 ครั้ง สำหรับการอ่านข้อมูลในการแก้สมการของน้ำหนักกระทำจนครบทุกชุด

จากการพิจารณาข้อ 3.1 และ 3.2 จะเห็นว่าทั้ง 2 วิธีต้องมีการส่งถ่ายข้อมูลเท่ากันแต่วิธีที่ 3.2 มีข้อดีที่สามารถรู้แรงภายในเนื่องจากน้ำหนักกระทำแต่ละชุดได้เลยซึ่งเป็นประโยชน์ในการออกแบบชิ้นส่วนบางชนิด เช่น เสา และ คอนกรีตอัดแรง เนื่องจากในการออกแบบชิ้นส่วนดังกล่าวจำเป็นต้องรู้ค่าแรงภายในสำหรับกรณีของ น้ำหนักบรรทุกคงที่ (Dead

load) และ น้ำหนักบรรทุกจร (Live load) แยกกัน ดังนั้นในการศึกษานี้จึงเลือกวิธีที่ 3.2 เป็นแนวทางในการแก้ปัญหาเนื่องจากน้ำหนักกระทำหลาย ๆ ชุด

<u>การจัดกลุ่มหน้าตัดของคานในการออกแบบ</u>

รูปที่ 3-1 แสดงโครงสร้างการทำงานของโปรแกรม จะเห็นว่าโปรแกรมในส่วนที่ทำการวิเคราะห์กับส่วนที่ทำการออกแบบเกือบจะเป็นอิสระจากกัน ยกเว้นแรงที่คำนวณได้จากการวิเคราะห์ซึ่งจะต้องนำไปใช้ในการออกแบบที่จะต้องมีการส่งถ่ายข้อมูลถึงกัน

การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก จำเป็นต้องหาแรงภายในที่หน้าตัดต่าง ๆ ของชิ้นส่วนเพื่อใช้ในการออกแบบ ซึ่งต้องการหน่วยความจำมากในการเก็บค่าของแรงต่าง ๆ เหล่านั้น รวมทั้งผลลัพธ์ที่ได้จากการออกแบบ ถ้าพิจารณาถึงการออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็กของวิศวกรโครงสร้างทั่วไป วิศวกรมักจะทำการจัดกลุ่มของคานที่ต้องรับแรงภายในใกล้เคียงกันให้เป็นคานหมายเลขเดียวกัน เพื่อให้มีจำนวนหน้าตัดคานไม่มากจนเกินไป และ ให้ง่ายสำหรับการออกแบบรายละเอียด (Detailing) รวมทั้งการก่อสร้าง

ในการศึกษานี้ได้คำนึงถึงจุดสำคัญดังกล่าวในการสร้างโปรแกรมออกแบบกล่าวคือ หลังจากได้แรงภายในที่จะใช้ในการออกแบบคาน นำค่าสัมบูรณ์ (Absolute value) ของแรงเหล่านั้นมาจัดเรียงลำดับจากน้อยไปมาก แยกตามชุดของคานแต่ละขนาดซึ่งผู้ใช้โปรแกรมเป็นผู้ป้อนข้อมูลขนาดหน้าตัดของคานเหล่านั้น หลังจากนั้นจึงทำการออกแบบโดยการจัดกลุ่มของคานที่มีหน้าตัดขนาดเดียวกัน และ รับแรงกระทำใกล้เคียงให้ใช้ปริมาณเหล็กเสริมเท่ากันโดยแยกเป็น 2 ชุด คือ ชุดของโมเมนต์ดัด และ ชุดของแรงเฉือน โดยวิธีการนี้จะทำให้สามารถประหยัดหน่วยความจำและเพิ่มประสิทธิภาพในการออกแบบได้ สำหรับแรงที่นำไปใช้ในการออกแบบเลือกจากตำแหน่งต่าง ๆ ดังนี้

1. การออกแบบคานรับโมเมนต์ดัดจะทำการออกแบบที่ตำแหน่งผิวหน้าของเสาทั้ง 2 ด้าน และ ตำแหน่งที่แรงเฉือนมีค่าเป็นศูนย์ ในกรณีที่คานที่ออกแบบนั้นไม่มีตำแหน่งที่แรงเฉือนเป็นศูนย์ จะทำการออกแบบที่บริเวณกึ่งกลางคาน

2. การออกแบบคานรับแรงเฉือนจะทำการออกแบบ 4 ตำแหน่งสำหรับคานแต่ละตัวดังนี้

2.1 ตำแหน่งห่างจากผิวหน้าของเสาทางด้านซ้ายเป็นระยะเท่ากับความ

ลิกประสิทธิผล

2.2 ตำแหน่งห่างจากผิวหน้าของเสาทางด้านขวาเป็นระยะเท่ากับความลิกประสิทธิผล

2.3 ตำแหน่งที่โมเมนต์ดัดมีค่าเป็นศูนย์ทางด้านซ้าย ของคานที่พิจารณา

2.4 ตำแหน่งที่โมเมนต์ดัดมีค่าเป็นศูนย์ทางด้านขวา ของคานที่พิจารณา

แฟ้มที่ใช้งาน

แฟ้มที่ใช้งานได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.2 โดยแยกเป็น แฟ้มสำหรับข้อมูล และ แฟ้มที่สร้างขึ้นจากการทำงานของโปรแกรม สำหรับโครงสร้างภายในที่เป็นแฟ้มสำหรับการส่งถ่ายข้อมูลแสดงในรูปที่ 3.3 รายละเอียดของการเก็บแฟ้มข้อมูลจะกล่าวในหัวข้อต่อไป

1. แฟ้มของข้อมูล

1.1 FILENAME.GEO = แฟ้มข้อมูลทางเรขาคณิตของรูปแบบจำลอง

1.2 FILENAME.LDS = แฟ้มข้อมูลของน้ำหนักที่กระทำกับโครงสร้าง

1.3 FILENAME.DSP = แฟ้มข้อมูลที่ใช้ในการออกแบบประกอบด้วย กำลังของคอนกรีตและเหล็กเสริม ชุดของขนาดหน้าตัดคานและเสา หมายเลขกำกับชุดของหน้าตัดคานและเสาสำหรับแต่ละชั้นส่วน

1.4 FILENAME.DDA = แฟ้มข้อมูลที่เก็บค่าสำหรับใช้ในการหาความเหนียวของเสาประกอบด้วย ความกว้างประสิทธิผลของคอนกรีตที่ถูกรัดรอบ ปริมาตรของเหล็กปลอกต่อปริมาตรของคอนกรีตที่ถูกรัดรอบ ระยะห่างระหว่างเหล็กปลอก

2. แฟ้มที่สร้างขึ้นจากการทำงานของโปรแกรม

2.1 FILENAME.DIS = แฟ้มที่เก็บค่าการเปลี่ยนตำแหน่งที่จุดต่อ เนื่องจากน้ำหนักกระทำแต่ละชุดเรียงกัน

2.2 FILENAME.STR = แฟ้มที่เก็บค่าแรงภายในที่ปลายชิ้นส่วนเนื่องจากน้ำหนักกระทำแต่ละชุดเรียงกัน

2.3 FILENAME.DSF = แฟ้มที่เก็บค่าแรงภายในที่ปลายชิ้นส่วน เนื่องจากการรวมแรงที่เกิดจากน้ำหนักกระทำทุกชุด

2.4 FILENAME.BSD = แฟ้มที่เก็บค่าไดอะแกรมของโมเมนต์ดัด และ แรงเฉือนของทุกชิ้นส่วน และ ตำแหน่งที่โมเมนต์ดัดมีค่าสูงสุดเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกกระทำเป็นจุดในระหว่างชิ้นส่วน รวมทั้งแรงในแนวแกนของชิ้นส่วน

2.5 FILENAME.DF2 = แฟ้มที่เก็บค่าแรงภายใน และ ขนาดของเสาแต่ละต้นที่จำเป็นต้องใช้เพื่อการออกแบบเสา ค่าของแรงภายในเป็นค่าที่ได้จากแฟ้มในข้อ 2.4 และขนาดของเสาแต่ละต้นได้จากแฟ้มในข้อ 1.3

<u>การวิเคราะห์โครงสร้าง</u>

โปรแกรมในส่วนของการวิเคราะห์โครงสร้างได้พัฒนามาจากโปรแกรม ELFAS [20] โดยเพิ่มเติมในส่วนของการวิเคราะห์โครงข้อหมุน และ โครงข้อแข็งระนาบกับโครงข้อหมุนรวมกัน นอกจากนี้ยังได้แก้ไขในส่วนของการแก้สมการ จากการแก้สมการแบบเก็บข้อมูลเป็นแถบ (Band solve) เป็นการแก้สมการแบบสกายไลน์ ซึ่งทำให้สามารถแก้ปัญหาที่มีขนาดใหญ่ขึ้น โดยมีอัลกอริทึมที่ใช้ในการวิเคราะห์ดังนี้

1. ป้อนข้อมูลที่ต้องใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างที่ได้จากการจำลองรูปแบบของโครงสร้างประกอบด้วย พิกัดทางเรขาคณิต คอนเนคติวิตีของชิ้นส่วน และ ข้อมูลของจุดต่อที่มีการยึดรั้ง เก็บไว้ในแฟ้มที่ลงท้ายด้วย ".GEO" ส่วนข้อมูลของน้ำหนักที่กระทำกับโครงสร้างทั้งหมดประกอบด้วย แรงกระทำที่จุดต่อ น้ำหนักบรรทุกสม่ำเสมอและแรงกระทำเป็นจุดกระทำกับชิ้นส่วน และ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของชิ้นส่วน เก็บไว้ในแฟ้มที่ลงท้ายด้วย ".LDS"

2. อ่านข้อมูลจากแฟ้มที่ลงท้ายด้วย ".GEO" เพื่อทำการสร้างสติฟเนสเมตริกซ์

3. อ่านข้อมูลของน้ำหนักที่กระทำกับโครงสร้างจากแฟ้มที่ลงท้ายด้วย ".LDS" เพื่อทำการสร้างเมตริกซ์ของแรง

4. แก้สมการเพื่อหาการเปลี่ยนตำแหน่งที่จุดต่อ

5. คำนวณหาแรงภายในของแต่ละชิ้นส่วนจากค่าการเปลี่ยนตำแหน่งที่จุดต่อ

6. เก็บค่าการเปลี่ยนตำแหน่งที่จุดต่อไว้ในแฟ้ม ที่ลงท้ายด้วย ".DIS" และ

ชุดของแรงภายในที่ปลายชิ้นส่วนไว้ในแฟ้มที่ลงท้ายด้วย ".STR" โดยเรียงลำดับตามชุดของน้ำหนักบรรทุกที่กระทำกับโครงสร้าง

7. ทำขั้นตอนที่ 3-6 โดยพิจารณาน้ำหนักกระทำชุดต่อไป

8. เมื่อได้แรงกระทำที่ปลายชิ้นส่วนของน้ำหนักกระทำทุกชุดแล้ว ก็ทำการรวมแรงกระทำที่ปลายชิ้นส่วนของน้ำหนักกระทำทุกชุดตามสัดส่วนของน้ำหนักกระทำที่ต้องการ เก็บไว้ในแฟ้มที่ลงท้ายด้วย ".DSF"

9. คำนวณหาไดอะแกรมของโมเมนต์ดัดและไดอะแกรมของแรงเฉือน โดยแบ่งชิ้นส่วนทุกชิ้นส่วนเป็นชิ้นส่วนย่อย 10 ส่วน เพื่อคำนวณหาแรงภายในที่จุดต่าง ๆ ของชิ้นส่วนย่อย รวมทั้งเปรียบเทียบหาค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดที่ตำแหน่งซึ่งมีน้ำหนักบรรทุกเป็นจุด กระทำกับชิ้นส่วนค่าต่าง ๆ เหล่านี้เก็บไว้ในแฟ้มที่ลงท้ายด้วย ".BSD" ดังแสดงในรูปที่ 3.3ก ค่าที่เก็บไว้สำหรับแต่ละชิ้นส่วนประกอบด้วย ตำแหน่ง โมเมนต์ดัด และ แรงเฉือนที่สอดคล้องกัน เรียงกันไป 11 ชุด สำหรับตำแหน่ง และ ค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกเป็นจุด รวมทั้งแรงในแนวแกนถูกเก็บไว้เป็นชุดที่ 12

<u>การจัดระบบข้อมูลจากการวิเคราะห์สำหรับนำไปใช้ในการออกแบบ</u>

การจัดระบบข้อมูลจากการวิเคราะห์สำหรับนำไปใช้ในการออกแบบมีขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

1. ป้อนข้อมูลสำหรับการออกแบบโดยแยกออกเป็นข้อมูลของคาน และ เสา เก็บข้อมูลไว้ในแฟ้มที่ลงท้ายด้วย ".DSP"

2. คำนวณดูว่ามีกี่ชิ้นส่วนที่เป็นคานซึ่งต้องออกแบบ และ มีกี่ชิ้นส่วนที่เป็นเสาซึ่งต้องออกแบบ

3. คำนวณว่าหน้าตัดคานและหน้าตัดเสาแต่ละเบอร์ประกอบด้วยคานกี่ช่วง และเสากี่ต้น

4. จัดกลุ่มของคาน และ เสาตามขนาดของหน้าตัดโดยเรียงลำดับจากเบอร์น้อยไปเบอร์มาก

5. คำนวณว่าแต่ละจุดต่อ มีคานและเสาซึ่งเป็นชิ้นส่วนหมายเลขอะไรมาต่อกัน

บ้างเก็บไว้ในอะเรย์ชื่อ NCON() เรียงลำดับตาม L R D U โดยมีความหมายของสัญลักษณ์ดังนี้

L = คานที่มาต่อทางด้านซ้ายของจุดต่อ

R = คานที่มาต่อทางด้านขวาของจุดต่อ

D = เสาต้นล่างของจุดต่อ

U = เสาต้นบนของจุดต่อ

6. คำนวณหาความกว้างของหน้าตัดเสาสำหรับคานแต่ละตัว

7. อ่านข้อมูลจากแฟ้มที่ลงท้ายด้วย ".BSD"

8. แยกพิจารณาทีละชิ้นส่วนจนครบทุกชิ้นส่วน ถ้าชิ้นส่วนที่กำลังพิจารณาถูกกำหนดให้ออกแบบเป็นคานให้ทำตามข้อ 9 และ ข้อ 10 แต่ถ้าชิ้นส่วนที่กำลังพิจารณาถูกกำหนดให้ออกแบบเป็นเสาจะทำการตรวจสอบว่าผู้ใช้ป้อนค่า kl/r และ P_{cr} หรือไม่ ถ้ามีค่าเป็นศูนย์จะทำการคำนวณค่า kl/r และ P_{cr} จากนั้นนำหมายเลขชิ้นส่วน แรงในแนวแกน โมเมนต์ดัดที่ปลายทั้งสองด้าน แรงเฉือนของเสา ความยาวของเสา kl/r และ P_{cr} ของเสาแต่ละต้นเก็บไว้ในแฟ้มที่ลงท้ายด้วย ".DF2" ดังแสดงในรูปที่ 3.3ข จากนั้นข้ามไปทำข้อ 12

9. คำนวณหาค่าโมเมนต์ของคานที่ผิวหน้าเสา และ โมเมนต์ที่ตำแหน่งซึ่งแรงเฉือนมีค่าเป็นศูนย์ เก็บไว้ในอะเรย์ BMOM() และ ตำแหน่งของโมเมนต์ดัดเก็บไว้ในอะเรย์ XMOM() ดังรูปที่ 3.3ค

10. คำนวณหาแรงเฉือนที่ระยะความลึกประสิทธิผลจากผิวหน้าเสา และ แรงเฉือนที่ตำแหน่งซึ่งเกิดจุดดัดกลับ เก็บไว้ในอะเรย์ BSHR() และ ตำแหน่งของแรงเฉือนเก็บไว้ในอะเรย์ XSHR() ดังรูปที่ 3.3ง

11. ตรวจสอบคานที่จะออกแบบว่าแรงในแนวแกนมีค่าเกิน $0.1\ f_c'A_g$ หรือไม่ ถ้าเกินให้พิมพ์คำเตือนบนจอเพื่อให้ผู้ใช้ทราบว่า "ชิ้นส่วนนี้เป็นชิ้นส่วนที่จะต้องออกแบบเป็นคานรับแรงในแนวแกน (Beam-Column)" ซึ่งเป็นข้อจำกัดของโปรแกรม

12. เรียงลำดับค่าของโมเมนต์ และ แรงเฉือนของคานจากน้อยไปมาก โดยแบ่งตามกลุ่มของหน้าตัด สำหรับรายละเอียดของการเรียงลำดับจะกล่าวในหัวข้อต่อไป

13. จากค่าโมเมนต์ และ แรงเฉือนที่เรียงลำดับแล้ว นำไปทำการออกแบบโดยจัดกลุ่มให้ปริมาณเหล็กเสริมที่ใกล้เคียงกันอยู่ในกลุ่มเดียวกัน

จะเห็นว่าการจัดระบบข้อมูลที่จะนำไปใช้สำหรับการออกแบบคาน และ เสา มีการจัด

เก็บที่แตกต่างกันกล่าวคือ ข้อมูลที่นำไปออกแบบคานถูกเก็บไว้ในหน่วยความจำหลัก ทั้งนี้เนื่องจากการออกแบบไม่มีปัญหาในเรื่องของหน่วยความจำ การเก็บข้อมูลไว้ในหน่วยความจำหลักใช้เวลาในการส่งถ่ายข้อมูลน้อยกว่าการเก็บข้อมูลในหน่วยความจำสำรอง สำหรับข้อมูลที่นำไปออกแบบเสาถูกเก็บไว้ในหน่วยความจำสำรองเนื่องจากในการศึกษานี้ไม่ได้ศึกษาถึงการจัดกลุ่มในการออกแบบเสา ดังนั้นในอนาคตหากมีการศึกษาถึงแนวทางในการจัดกลุ่มสำหรับออกแบบเสาจะสามารถนำค่าต่าง ๆ จากแฟ้มข้อมูลไปใช้ได้โดยไม่ต้องเสียเวลากับการศึกษารายละเอียดของตัวแปรในโปรแกรม

การเรียงลำดับค่าโมเมนต์ดัดและแรงเฉือนในคาน

การเรียงลำดับที่ใช้ในการศึกษานี้ใช้วิธี Quick Sort ซึ่งปรับปรุงให้สอดคล้องกับการศึกษานี้ โดยอะเรย์ที่เก็บค่าต่าง ๆ ของโมเมนต์ดัด และ แรงเฉือนจะไม่มีการสับเปลี่ยนค่า แต่จะมีอะเรย์ MOMIDX() สำหรับโมเมนต์ดัด และ SHRIDX() สำหรับแรงเฉือน ซึ่งเก็บตำแหน่งของโมเมนต์ดัดในอะเรย์ BMOM() และ ตำแหน่งของแรงเฉือนในอะเรย์ BSHR() เรียงลำดับตามตำแหน่งที่มีค่าสัมบูรณ์ของแรงจากน้อยไปมากแยกตามขนาดหน้าตัดคาน (รูป 3.3จ) กล่าวคือ ค่าของ MOMIDX(I) (สมมติเท่ากับ M) หมายความว่า สมาชิกตัวที่ M ในอะเรย์ BMOM() จะมีค่าสัมบูรณ์เป็นลำดับที่ I เพื่อให้เข้าใจการเรียงลำดับที่ชัดเจนขึ้น จะสมมติตำแหน่งและค่าโมเมนต์ดัดที่ยังไม่ได้เรียงลำดับของคาน 4 ช่วงที่มีหน้าตัดเหมือนกัน เก็บไว้ในอะเรย์ XMOM() และ BMOM() ตามลำดับดังแสดงในรูป 3.3ฉ โดยมีดรรชนี (Index) ของอะเรย์ทั้ง 2 เรียงลำดับจาก 1 ถึง 12 หลังจากจัดเรียงลำดับตามขนาดของโมเมนต์จากน้อยไปมากแล้ว ดรรชนีของอะเรย์ BMOM() (และ XMOM()) ถูกเก็บไว้ในอะเรย์ MOMIDX() เรียงลำดับจากดรรชนีของโมเมนต์ดัดค่าน้อยไปยังโมเมนต์ดัดค่ามาก ดังแสดงในรูป 3.3ช

การออกแบบกลุ่มคานรับโมเมนต์ดัด

การออกแบบจะใช้ปริมาณเหล็กเสริมรับแรงดึงต่ำสุด และ ปริมาณเหล็กเสริมรับแรงดึงมากที่สุดที่ไม่ต้องเสริมเหล็กรับแรงอัด มาใช้เป็นแนวทางในการออกแบบกลุ่มคานรับโมเมนต์ดัด

อัลกอริทึมที่ใช้ในการออกแบบเป็นดังนี้

1. เริ่มต้นจากการพิจารณาหน้าตัดคานหมายเลข 1

2. คำนวณหาปริมาณเหล็กเสริมรับแรงดึงที่น้อยที่สุดสำหรับหน้าตัดที่กำลังพิจารณา (A_{smin})

3. คำนวณหาปริมาณเหล็กเสริมรับแรงดึงที่มากที่สุดที่ไม่ต้องเสริมเหล็กรับแรงอัดสำหรับหน้าตัดที่กำลังพิจารณา (A_{smax})

4. แบ่งปริมาณเหล็กเสริมรับแรงดึงเป็นช่วง ๆ ให้มีค่าอยู่ระหว่าง A_{smin} ถึง A_{smax} ตามความละเอียดที่ต้องการ ในการศึกษานี้แบ่งเป็น 15 ช่วง โดยแบ่งเป็น 10 ช่วง ระหว่าง A_{smin} ถึง $A_{smax}/2$ และแบ่งเป็น 5 ช่วง ระหว่าง $A_{smax}/2$ ถึง A_{smax}

5. จากปริมาณเหล็กเสริมที่แบ่งเป็นช่วง ๆ นี้นำไปคำนวณหาความสามารถในการรับโมเมนต์ของหน้าตัด (Ultimate moment of section)

6. นำค่าโมเมนต์ที่จะออกแบบซึ่งได้เรียงลำดับไว้แล้วมาตรวจสอบดูว่าตกอยู่ในช่วงไหนของความสามารถในการรับโมเมนต์ของหน้าตัด ค่าเหล็กเสริมของขีดจำกัดบนในช่วงนั้นจะเป็นปริมาณเหล็กเสริมสำหรับรับโมเมนต์ที่กำลังพิจารณาออกแบบ

7. ถ้าโมเมนต์ที่ออกแบบมีค่ามากกว่าค่าโมเมนต์เนื่องจาก A_{smax} จะทำการออกแบบเป็นหน้าตัดที่ต้องเสริมเหล็กรับแรงอัดโดยทำการออกแบบสำหรับโมเมนต์ที่เพิ่มขึ้นทุก 10% การออกแบบจะหยุดเมื่อโมเมนต์ที่ออกแบบต้องใช้ปริมาณเหล็กเสริมรับแรงอัดเท่ากับหรือมากกว่าปริมาณเหล็กเสริมรับแรงดึง

8. ตรวจสอบว่าหน้าตัดคานที่กำลังพิจารณาอยู่ เป็นหมายเลขเดียวกับจำนวนหน้าตัดคานทั้งหมดหรือไม่

9. ถ้าผลจากข้อ 8 เป็นเท็จ จะพิจารณาคานหน้าตัดถัดไปโดยทำซ้ำตามข้อ 2 ถึง 8 แต่ถ้าผลจากข้อ 8 เป็นจริง จะหยุดการออกแบบคานรับโมเมนต์ดัด

<u>การออกแบบกลุ่มคานรับแรงเฉือน</u>

การออกแบบจะใช้ค่าแรงเฉือนที่รับได้โดยคอนกรีตอย่างเดียว ปริมาณเหล็กปลอกต่ำสุด ปริมาณเหล็กปลอกที่มีระยะห่างกันไม่เกิน d/2 และ ปริมาณเหล็กปลอกมากที่สุดของหน้าตัด มาใช้

เป็นแนวทางในการออกแบบกลุ่มคานรับแรงเฉือน อัลกอริทึมที่ใช้ในการออกแบบเป็นดังนี้

1. เริ่มต้นจากการพิจารณาหน้าตัดคานหมายเลข 1
2. คำนวณหาค่าแรงเฉือนที่รับได้โดยคอนกรีตอย่างเดียว (V_c)
3. คำนวณหาค่าแรงเฉือนที่รับโดยปริมาณเหล็กเสริมต่ำสุดของหน้าตัดที่กำลังพิจารณา (V_{smin})
4. คำนวณหาค่าแรงเฉือนสูงสุดที่ยอมให้สำหรับระยะห่างของเหล็กปลอกไม่เกิน d/2 ของหน้าตัดที่กำลังพิจารณา ($V_{sd/2}$)
5. คำนวณหาค่าแรงเฉือนสูงสุดที่ยอมให้ของหน้าตัดที่กำลังพิจารณา (V_{smax})
6. แบ่งค่าแรงเฉือนเป็นช่วง ๆ ระหว่าง V_{smin} กับ V_{smax} ตามความละเอียดที่ต้องการ ในการศึกษานี้แบ่งเป็น 21 ช่วง โดยแบ่งเป็น 1 ช่วงระหว่าง 0 ถึง $V_c/2$ 10 ช่วงระหว่าง V_{smin} ถึง $V_{sd/2}$ และ 10 ช่วงระหว่าง $V_{sd/2}$ ถึง V_{smax}
7. จากค่าแรงเฉือนที่แบ่งเป็นช่วง ๆ นี้นำไปคำนวณหาปริมาณเหล็กปลอกที่ใช้
8. นำค่าแรงเฉือนที่ต้องการออกแบบซึ่งได้เรียงลำดับไว้แล้ว มาตรวจสอบดูว่าตกอยู่ในช่วงไหนของค่าแรงเฉือนที่แบ่งไว้ ปริมาณเหล็กปลอกของขีดจำกัดบนในช่วงนั้นจะเป็นปริมาณเหล็กปลอกสำหรับรับแรงเฉือนที่กำลังพิจารณาออกแบบ
9. ถ้าแรงเฉือนเกินค่าแรงเฉือนสูงสุดให้เก็บค่า error code ไว้
10. ตรวจสอบว่าหน้าตัดคานที่กำลังพิจารณาอยู่ เป็นหมายเลขเดียวกับจำนวนหน้าตัดคานทั้งหมดหรือไม่
11. ถ้าผลจากข้อ 10 เป็นเท็จ จะพิจารณาคานหน้าตัดถัดไปโดยทำซ้ำตามข้อ 2 ถึง 9 แต่ถ้าผลจากข้อ 10 เป็นจริง จะหยุดการออกแบบคานรับแรงเฉือน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>การออกแบบเสา</u>

การออกแบบเสาจะออกแบบให้มีปริมาณเหล็กเสริมอยู่ในช่วง 1% - 8% ในกรณีที่เหล็กเสริมมากกว่า 1% จะใช้วิธีไบเซคชั่น (Bisection) มาคำนวณหาปริมาณเหล็กเสริมโดยให้แรงอัดและโมเมนต์ดัดที่ออกแบบอยู่ใกล้กับเส้นความสัมพันธ์ระหว่างแรงอัดกับโมเมนต์ดัดในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ สำหรับในโปรแกรมใช้ความแตกต่างในช่วง 5% เป็นตัวกำหนด

ข้อจำกัดของโปรแกรม

1. อะเรย์ที่ใช้ในโปรแกรมถูกจำกัดด้วยดรรชนีซึ่งเป็นตัวอ้างอิงถึงตำแหน่งของหน่วยความจำในอะเรย์มีค่าได้ไม่เกิน 32767 ซึ่งเป็นข้อจำกัดของคอมไพเลอร์ที่ใช้ หรือเทียบเท่ากับอาคาร N ช่วง 32767 / 3(N+1) ชั้นโดยประมาณ ในกรณีที่ปัญหามีขนาดใหญ่มากอาจจะแก้ปัญหาโดยการนำดรรชนีทางด้านลบมาใช้ หรือ นำหน่วยความจำสำรองมาช่วยในการเก็บข้อมูลก็ได้

2. แรงกระทำเป็นจุดภายในชิ้นส่วน (Point load) มีได้ไม่เกิน 3 จุด

3. ในการวิเคราะห์โครงสร้างไม่คำนึงถึงส่วนแข็งที่ปลายชิ้นส่วนบริเวณรอยต่อคานและ เสา (Rigid end zone)

4. แรงที่นำมาออกแบบเป็นแรงที่เกิดจากการรวมแรงเพียงกรณีเดียว

5. ไม่คิดผลของแรงในแนวแกนของคาน

6. ไม่สามารถออกแบบคานที่รับโมเมนต์บิดร่วมด้วย

7. ไม่สามารถออกแบบคานที่มีพฤติกรรมเป็นแบบคานลึก (Deep beam)

8. ไม่สามารถออกแบบเสารับแรงดึง รวมทั้งไม่สามารถหาความเหนียวของเสาที่รับแรงดึงด้วยเช่นกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย