

การออกแบบเพลากลมโดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์

จำลอง ล้มตระกูล
วงศ์สิทธิ มาร์ค และ ไสว ปานมา

บทความเสนอในระหว่าง
การประชุมวิชาการวิศวกรรมเครื่องกล 8 สถาบัน
ในหัวข้อ "การประยุกต์เทคโนโลยีสมัยใหม่กับงานทางวิศวกรรมเครื่องกล"
จัดโดย ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
กรุงเทพมหานคร
18-19 มิถุนายน 2530

การออกแบบเพลากลมโดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์

จำลอง ลิมตระกูล*

วงศ์สิทธิ์ มาร์คิน** และไสว ปานมา**

บทคัดย่อ

เพล่าเป็นส่วนเครื่องจักรกลซึ่งทำหน้าที่ถ่ายทอดกำลังหรือการหมุน จากเครื่องต้นกำลังไปยังชิ้นส่วนอื่น ๆ โดยทั่ว ๆ ไป เพล่าจะถูกออกแบบให้มีลักษณะดังนี้

- ก) มีความแข็งแรงพอที่จะรับภาระแบบวัฏจักรได้โดยไม่เกิดการล้าขึ้น
- ข) มีระยะแอ่นตัวและมุมบิดอยู่ในพิสัยที่กำหนด เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการสั่นสะเทือนหรือการชັกกันของชิ้นส่วนเครื่องจักรกลอื่น ๆ ที่ยึดติดอยู่กับเพล่า ทำให้การส่งกำลังเป็นไปอย่างราบเรียบและมีประสิทธิภาพ

บทความนี้ได้กล่าวถึงโปรแกรมสำหรับออกแบบเพลากลมโดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ โปรแกรมที่เขียนขึ้นเป็นภาษาเบสิก มีลักษณะการทำงานเป็นแบบถาม/ตอบ สามารถใช้ออกแบบเพลากลมที่มีขนาดแตกต่างกัน 4 ระดับ หลักเกณฑ์ที่ใช้ในการออกแบบเพลากลมในโปรแกรมที่เขียนประกอบด้วย

- ก) เกณฑ์การออกแบบตามข้อกำหนดของสมาคมวิศวกรเครื่องกลแห่งอเมริกา ซึ่งเพล่าสามารถรับแรงกระทำในแนวแกนได้
- ข) ทัศนวิสัยความเห็นเฉือนอ็อกตาอีคริล ร่วมกับการแตกหัก เนื่องจากการล้า ความหนักเกณฑ์ของไซเคอร์เบอร์ก และ
- ค) ค่าความชัน ระยะแอ่นตัว และความเร็ววิกฤต ค่าแรกของเพล่า

โปรแกรมสำหรับออกแบบเพล่าที่เขียนขึ้นใช้งานให้ผลดีความมุ่งมั่นหมาย ผลการคำนวณออกแบบเพื่อหาขนาดเพล่ากลมที่ได้จากการใช้โปรแกรมและคำนวณด้วยเครื่องคิดเลขแบบธรรมดา มีค่าใกล้เคียงกันมาก ค่าผิดพลาดสูงสุดเกิดขึ้นในกรณีที่ใช้ทัศนวิสัยความเห็นเฉือนอ็อกตาอีคริล ร่วมกับหลักเกณฑ์ของไซเคอร์เบอร์ก สาเหตุของความคลาดเคลื่อนส่วนใหญ่ เนื่องจากการประมาณค่าความเค้นหนาแน่น สำหรับกรณีที่มีการล้า (K_f และ K_{fs}) ซึ่งสมการของค่าความเค้นหนาแน่นที่ใช้ในโปรแกรมได้มาจากการหาลมการกระชั้นกราฟในหนังสือการออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกลทั่วไป

โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นสามารถนำเอาไปประยุกต์ใช้ในการเรียน การสอน เรื่องการออกแบบเพล่า ในวิชาการออกแบบเครื่องจักรกลได้เป็นอย่างดี ทั้งนี้เพราะโปรแกรมจะช่วยให้นักศึกษาได้มีโอกาสศึกษาเปรียบเทียบผลการใช้ทัศนวิสัยต่าง ๆ ให้อย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ผู้ใช้โปรแกรมยังสามารถศึกษาถึงอิทธิพลของตัวแปรต่าง ๆ ให้อย่างละเอียด ก่อนที่จะตัดสินใจเลือกออกแบบสำหรับการใช้งาน

*ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

**นักศึกษาระดับปริญญาตรี ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล ชั้นปีที่ 4

ข้าพเจ้าชื่อ นายจำลอง ลิ่มตระกูล
 ตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์
 ที่อยู่ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

สถานที่ทำงาน เช่นเดียวกับข้างบน

จะเสนอขอความเชื่อ การออกแบบเพลากลมโดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์
บทคัดย่อ

เพลาคือชิ้นส่วนเครื่องจักรกลซึ่งทำหน้าที่ถ่ายทอดกำลังหรือการหมุน จากเครื่องต้นกำลัง ไปยังชิ้นส่วนอื่น ๆ โดยทั่ว ๆ ไป เพลาจะถูกออกแบบให้มีลักษณะ ดังนี้

- ก) มีความแข็งแรงพอที่จะรับภาระแบบวัฏจักรให้โดยไม่เกิดการล้าขึ้น
- ข) มีระยะแอนตัวและมุมบิดอยู่ในพิสัยที่กำหนด เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการสั่นสะเทือน หรือ การขัดกันของชิ้นส่วนเครื่องจักรกลอื่น ๆ ที่ยึดติดอยู่กับเพลา ทำให้การส่งกำลังเป็นไปอย่างราบเรียบ และมีประสิทธิภาพ

ในบทความนี้ได้กล่าวถึงโปรแกรมสำหรับออกแบบเพลากลม โดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ โปรแกรมที่เขียนขึ้นเป็นภาษาเบสิก มีลักษณะการทำงานเป็นแบบถาม/ตอบ สามารถใช้ออกแบบเพลากลมที่มีขนาดแตกต่างกัน 4 ระดับ หลักเกณฑ์ที่ใช้ในการออกแบบเพลากลมในโปรแกรมที่เขียนขึ้นประกอบด้วย

- ก) เกณฑ์การออกแบบตามข้อกำหนดของสมาคมวิศวกรเครื่องกลแห่งอเมริกา ซึ่งเพลาสถาปัตยกรรมรับแรงกระทำในแนวแกนได้
- ข) ทฤษฎีความเค้นเฉือนฮ็อกคาอีคร์ล ร่วมกับการแตกหัก เนื่องจากการล้า ตามหลักเกณฑ์ของไซเคิลเบอร์ก และ
- ค) ค่าความชัน ระยะแอนตัว และความเร็ววิกฤต ค่าแรกของเพลา

โปรแกรมสำหรับออกแบบเพลทที่เขียนขึ้นใช้งานได้ผลดีตามความมุ่งหมาย ผลการคำนวณ ออกแบบเพื่อหาขนาดเพลทลงที่ไ้จากการใช้โปรแกรมและกำหนดด้วยเครื่องคิดเลขแบบธรรมดา มีค่า ได้ดีเที่ยงกันมาก ถ้ามีรหัสล่าสุดเกิดขึ้นในกรณีที่ใช้ทฤษฎีความเค้นเฉือนอีกตาสีกรัล รวมถึงหลักเกณฑ์ ของโพเตอร์เบอร์ก สาเหตุของความคลาดเคลื่อนส่วนใหญ่ เนื่องจากการประมาณค่าความเค้นหนาแน่น สำหรับกรณีที่มีการใส่ (K_F และ K_{FS}) ซึ่งสมการของค่าความเค้นหนาแน่นที่ใช้ในโปรแกรมได้มา จากการหาสมการกระชับกราฟในหนังสือการออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกลทั่วไป

โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นสามารถนำเอาไปประยุกต์ใช้ในการเรียน การสอน เรื่องการออกแบบ เพลท ในวิชาการออกแบบเครื่องจักรกลได้เป็นอย่างดี ทั้งนี้เพราะโปรแกรมจะช่วยทำให้นักศึกษาได้มี โอกาสศึกษาเปรียบเทียบผลการใช้ทฤษฎีต่าง ๆ ได้อย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ผู้ใช้โปรแกรมยังสามารถ ศึกษาถึงอิทธิพลของตัวแปรต่าง ๆ ได้อย่างละเอียด ก่อนที่จะตัดสินใจเลือกออกแบบสำหรับการใช้งาน

1. บทนำ

เพลลาเป็นชิ้นส่วนเครื่องจักรกลซึ่งทำหน้าที่ถ่ายเทกำลังหรือการหมุนจากเครื่องต้นกำลังไปยังชิ้นส่วนเครื่องจักรกลอื่น ๆ ในขณะใช้งานเพลลาอาจจะรับภาระแบบวัฏจักรต่าง ๆ เช่น โมเมนต์บิด โมเมนต์คด แรงกดในแนวแกนหรือภาระต่างชนิดรวมกัน ทำให้เพลลาอยู่ภายใต้ความเค้นผสมแบบวัฏจักร เมื่อใช้งานไปชั่วระยะเวลาหนึ่งเพลลาอาจจะเกิดการเสียหายเนื่องจากการล้าได้ โดยทั่ว ๆ ไปเพลลาจะถูกออกแบบให้มีลักษณะดังนี้คือ

- ก) มีความแข็งแรงพอที่จะรับภาระแบบวัฏจักรได้ โดยไม่เกิดการเสียหายเนื่องจากการล้าขึ้น
- ข) มีระยะแอ่นตัวและมุมบิดอยู่ในพิสัยที่กำหนด เพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้เกิดการล้าสะสมหรือขัดกันของชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่ยึดติดกับเพลลาและสัมพันธ์กับชิ้นส่วนอื่น ๆ ทำให้การส่งกำลังเป็นไปอย่างราบเรียบ และมีประสิทธิภาพ

บทความนี้จะกล่าวถึงการออกแบบเพลลากลมโดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ โปรแกรมที่เขียนขึ้นเป็นภาษาเบสิกมีลักษณะการทำงานเป็นแบบถามตอบ สำหรับใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์แบบ Apple ขนาด 8 บิต ซึ่งจะได้ออกมาดังรายละเอียดในตอนต่อ ๆ ไป

2. ฤษฎีที่ใช้ในการออกแบบเพลลากลม

ฤษฎีที่ใช้สำหรับออกแบบเพลลากลม ให้มีผู้กล่าวถึงไว้อย่างละเอียด ในหนังสือการออกแบบเครื่องจักรกลทั่วไป [1-5] ในที่นี้จะกล่าวถึงหลักเกณฑ์ที่ใช้ในการออกแบบเพลลากลมแบบต่าง ๆ แต่เพียงย่อ ๆ เท่านั้น

2.1 ทฤษฎีความเสียหาย ทฤษฎีความเสียหายมีอยู่หลายทฤษฎี แต่ทฤษฎีที่นิยมใช้ออกแบบเพลลามีอยู่ 2 ทฤษฎีคือ ก) ทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุด และ ข) ทฤษฎีความเค้นเฉือนออกตาซีครัล ซึ่งมีหลักเกณฑ์ดังนี้

ก) ทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุด ทฤษฎีนี้เหมาะสำหรับวัสดุเหนียว เป็นที่นิยมใช้กันมากเพราะใช้ให้ผลดีและสะดวก ทฤษฎีนี้กล่าวว่า "วัสดุจะเกิดความเสียหายเมื่อความเค้นเฉือนสูงสุดในวัสดุ มีค่าเท่ากับความเค้นเฉือนสูงสุดที่ได้จากการทดสอบการดึงเมื่อถึงจุดคราก" สมการที่ใช้ในการออกแบบคือ

$$\tau_{\max} = \frac{1}{2} (\sigma_1 - \sigma_2) = \frac{1}{2} \frac{\sigma_y}{N}$$

ในกรณีเพลาส่งกำลังที่มีทั้งโมเมนต์คด M และโมเมนต์บิด T สมการที่ใช้ในการออกแบบจะมีรูปเป็น

$$\frac{1}{N} = \left[\left(\frac{\sigma}{\sigma_y} \right)^2 + \left(\frac{2\tau}{\sigma_y} \right)^2 \right]^{1/2} = \left[\left(\frac{\sigma}{\sigma_y} \right)^2 + \left(\frac{\tau}{\tau_y} \right)^2 \right]^{1/2}$$

$$\frac{\sigma_y}{N} = \frac{16}{\pi d^3} = [M + \sqrt{M^2 + T^2}] \dots\dots\dots 1)$$

โดยที่ $\sigma = \frac{32M}{\pi d^3}$ $\tau = \frac{16T}{\pi d^3}$ และ $\tau_y = \sigma_y/2$

ข) ทฤษฎีความเค้นเฉือนออกคาศีครัล ทฤษฎีนี้เหมาะสมสำหรับวัสดุเหนียวเช่นกัน ทฤษฎีนี้กล่าวว่า "วัสดุจะเกิดความเสียหายเมื่อความเค้นเฉือนออกคาศีครัลขณะใช้งานมีค่าเท่ากับความเค้นเฉือนออกคาศีครัลที่ได้จากการทดสอบด้วยการดึงเมื่อถึงจุดคราก" สมการที่ใช้ในการออกแบบสำหรับเพลาส่งกำลังที่มีทั้ง M และ T คือ

$$\frac{\sigma_y}{N} = [\sigma_1^2 - \sigma_1\sigma_2 + \sigma_2^2]^{1/2}$$

$$\frac{1}{N} = \left[\left(\frac{\sigma}{\sigma_y} \right)^2 + \left(\frac{\sqrt{3}\tau}{\sigma_y} \right)^2 \right]^{1/2}$$

หรือ $\frac{\sigma_y}{N} = \frac{16}{\pi d^3} \sqrt{M^2 + 3T^2} \dots\dots\dots 2)$

2.2 ทฤษฎีการออกแบบเพลาส่งกำลังของ ASME CODE

สมาคมวิศวกรเครื่องกลแห่งอเมริกา

(ASME) ให้กำหนดคหลักเกณฑ์สำหรับใช้ในการ

ออกแบบเพลาส่งกำลังขึ้นเรียกว่า ASME CODE

ทฤษฎีที่ใช้เป็นหลักคือ ทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุด

นอกจากนี้ยังมีตัวประกอบสำหรับภาวะแบบกระแทก

ภาวะแบบวัฏจักรซึ่งทำให้เกิดการล้าและภาวะใน

แนวแกน สมการที่ใช้ในการออกแบบเพลากลมกลวงซึ่งอยู่ภายใต้ภาระคั่งในรูปที่ 1) เขียนให้

เป็นดังนี้

$$d_o^3 = \frac{16}{\pi \tau_d \left[1 - \left(\frac{d_i}{d_o} \right)^4 \right]} \left[(C_T \cdot T)^2 + \left\{ C_M \cdot M + \frac{\alpha F d}{8} \left(1 + \left(\frac{d_i}{d_o} \right)^2 \right) \right\}^2 \right]^{1/2} \dots\dots\dots 3)$$



รูปที่ 1

- โดยที่ d_i, d_o = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในและภายนอกของเพลลา
 C_M, C_T = ตัวประกอบการล้าเนื่องจากการค้ำและการบิด
 M, T = โมเมนต์ค้ำและโมเมนต์บิด
 F = แรงกดเพลลาในแนวแกน
 α = ตัวประกอบการโค้งงอเนื่องจากแรง F ซึ่งมีขนาดเปลี่ยนแปลงตามลักษณะการยืดปลายเพลลา
 τ_d = ค่าความเค้นที่ใช้ในการออกแบบเพลลา

ค่าตัวแปรต่าง ๆ คือ τ_d, C_M, C_T และ α สำหรับเพลลาส่งกำลังแบบต่าง ๆ สามารถหาได้จากเอกสารอ้างอิงทั่ว ๆ ไป [1-5]

2.3 ทฤษฎีการออกแบบเพลลาที่รับภาระแบบวัฏจักร เพลลาที่รับภาระแบบวัฏจักร เมื่อใช้งานระยะเวลาหนึ่งอาจจะเกิดการเสียหายเนื่องจากการล้าได้ สำหรับเพลลาที่ทำจากวัสดุเหนียวนิยมใช้ทฤษฎีของไซเคอร์เบอร์ก ซึ่งมีรูปสมการเป็นดังนี้

[สำหรับโมเมนต์ค้ำ]
$$\frac{1}{N} = \frac{\sigma_m}{\sigma_y} + K_f \frac{\sigma_a}{\sigma_n} \dots\dots\dots 4.1)$$

[สำหรับโมเมนต์บิด]
$$\frac{1}{N} = \frac{\tau_m}{\tau_y} + K_{fs} \frac{\tau_a}{\tau_n} \dots\dots\dots 4.2)$$

- โดยที่ σ_a, τ_a = ความเค้นดึงและความเค้นเฉือนที่เปลี่ยนแปลงใน 1 วัฏจักร
 σ_m, τ_m = ความเค้นดึงและความเค้นเฉือนเฉลี่ย
 σ_n, τ_n = ค่าพิสัยความทนทานหรือขีดจำกัดความทนทานของชิ้นงาน
 K_f, K_{fs} = ค่าความเค้นหนาแน่นสำหรับการล้าของกรณีความเค้นดึงและความเค้นเฉือน
 $K_f = 1 + q(K_t - 1) \dots\dots\dots 4.3)$
 K_t = ค่าความเค้นหนาแน่นทางทฤษฎี
 q = ค่าความไวของรอยเจาะ

สมการที่ใช้ออกแบบเพลลาตามทฤษฎีความเค้นอีกตัวที่ควรร่วมกับหลักเกณฑ์ของไซเคอร์เบอร์กมีรูปเป็น

$$\frac{1}{N} = \left[\left(\frac{\sigma_m}{\sigma_y} + K_f \frac{\sigma_a}{\sigma_n} \right)^2 + \left(\frac{\tau_m}{\tau_y} + K_{fs} \frac{\tau_a}{\tau_n} \right)^2 \right]^{1/2}$$

$$d_o^3 = \frac{16}{\pi \tau_d \left[1 - \left(\frac{d_i}{d_o} \right)^4 \right]} \left[\frac{4}{3} \left(M_m + K_f \frac{\sigma_y}{\sigma_n} M_a \right)^2 + \left(T_m + K_{fs} \frac{\tau_y}{\tau_n} T_a \right)^2 \right]^{1/2} \dots 5)$$

โดยที่ $\tau_d = \frac{\tau_y}{N} = 0.577 \frac{\sigma_y}{N}$

2.4 การออกแบบโดยพิจารณาจากระยะแฉกตัว ค่าความชันมุมกึ่งของเพลลาและความเร็ววิกฤตของเพลลา

ก) ค่าระยะแฉกตัว ระยะความชันและมุมกึ่งของเพลลา สำหรับเพลลาที่ใช้ส่งกำลัง ค่าระยะแฉกตัวและความชันสูงของเพลลาจะเป็นเครื่องกำหนดค่าพิทักเคอร์ระหว่างเฟืองและการเลือกคลัตช์สำหรับใช้งาน ค่าพิทักเคอร์สำหรับการใช้งานในลักษณะต่าง ๆ สามารถหาได้จากหนังสือการออกแบบเครื่องจักรกล [1-2] ซึ่งเมื่อกำหนดค่าเหล่านี้แล้วเราสามารถหาขนาดของเพลลาได้โดยใช้ความสัมพันธ์ทางกลศาสตร์ของแข็งช่วย ค่าระยะแฉกตัวและค่าความชันของเพลลาที่ใช้คำนวณในโปรแกรมการออกแบบเพลลา^๓ ใช้วิธีแบ่งส่วนเชิงตัวเลข (numerical integration) [2]

ในเพลลาส่งกำลังบางชนิดถ้าค่ามุมกึ่งของเพลลาจะมีค่าเกินพิทักเคอร์หนึ่งต่อหน่วยความยาว จะมีผลทำให้ความเค้นใช้งานเกินค่าที่ออกแบบและยังทำให้เกิดการสั่นสะเทือนจนอาจทำให้เฟืองหรือแบริ่งเสียหายได้ [4] ค่ามุมกึ่งของเพลลา θ หาได้จากสมการ

$$\theta = \frac{583.61 \times 10^6}{\left[1 - \left(\frac{d_1}{d}\right)^4\right]} \frac{TL}{Gd_o^4} \quad \text{deg} \dots\dots\dots 6)$$

โดยที่ G = โมดูลัสของกาวีเจียน MN/m² หรือ N/mm²
L = ความยาวของเพลลาเป็น m

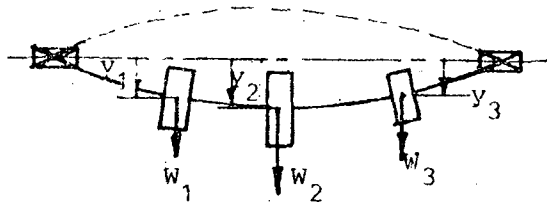
ข) ความเร็ววิกฤตของเพลลา เพื่อความปลอดภัยและความทนของเพลลาที่ใช้ส่งกำลัง ในการออกแบบเพลลาโดยทั่วไปจะกำหนดให้ความเร็วรอบของเพลลาขณะใช้งาน n มีค่าสูงกว่าหรือต่ำกว่าความเร็ววิกฤต ค่าแรกของเพลลา (n_c) 25 % นั่นคือ [4]

$n < 0.75 n_c$ หรือ $n > 1.25 n_c$ สำหรับเพลลาที่อยู่ภายใต้ภาระคงในรูปที่ 2)

ความเร็ววิกฤต n_c มีค่าเป็นดังนี้

$$n_c = 945.81 \sqrt{\frac{\sum w_i \delta_i}{\sum w_i \delta_i^2}} \quad \text{rev/min} \dots\dots\dots 7)$$

โดยที่ w_i = น้ำหนักที่ i ที่อยู่บนเพลลาในหน่วย N
 δ_i = ระยะศูนย์กลางเนื่องจากน้ำหนัก w_i เป็น mm ในสภาวะสถิตย์



รูปที่ 2

3. โปรแกรมสำหรับออกแบบเพลากลมโดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์

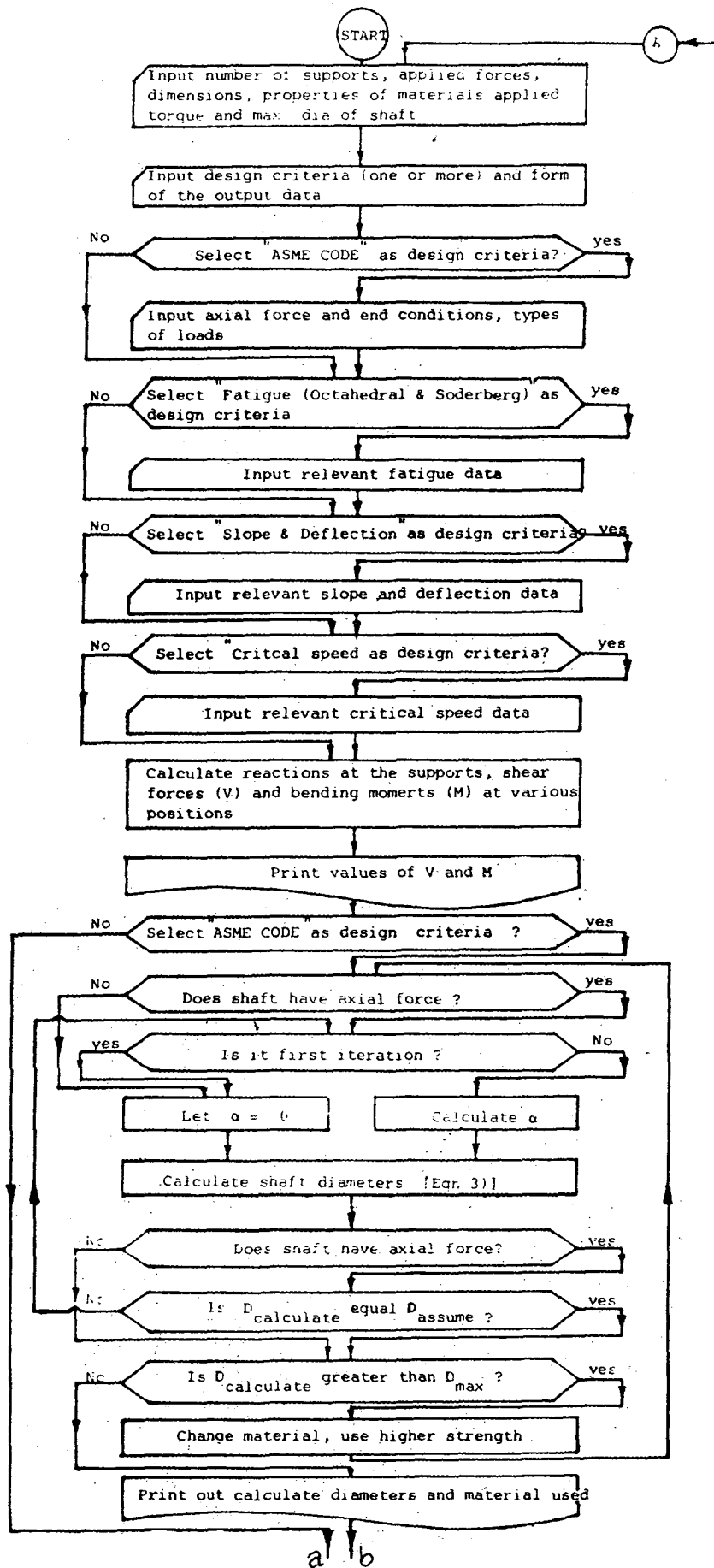
โปรแกรมสำหรับออกแบบเพลากลมตามทฤษฎีที่กล่าวถึงในตอนที่ 2) มีชื่อเรียกว่า SHAFT DESIGN เขียนขึ้นโดยใช้ภาษาเบสิก เพื่อใช้กับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ขนาด 8 บิต การทำงานของโปรแกรมมีลักษณะแบบถาม/ตอบ (interactive) ซึ่งผู้ใช้จะต้องจัดเตรียมไว้ให้พร้อม รูปที่ 3) แสดงขั้นตอนการทำงานที่สำคัญ ๆ ของโปรแกรม SHAFT DESIGN

3.1 ขอบข่ายของโปรแกรม โปรแกรมการออกแบบเพลากลม SHAFT DESIGN ที่เขียนขึ้นมีขอบข่ายดังนี้

- i) สามารถใช้ออกแบบเพลากลมกลวงหรือตันที่ใช้สำหรับส่งกำลัง โดยมีขนาดของเพลาแตกต่างกันไม่เกิน 4 ขนาด และมีฐานรองรับเพลาได้ไม่เกิน 4 แห่ง
- ii) สามารถใช้ออกแบบเพลากลมโดยผู้ใช้โปรแกรมสามารถเลือกหลักเกณฑ์ในการออกแบบต่าง ดังนี้คือ
 - ก) หลักเกณฑ์การออกแบบเพลาส่งกำลังของสมาคมวิศวกรเครื่องกลแห่งอเมริกา หรือ ASME CODE
 - ข) การออกแบบเพลาส่งกำลังที่มีการะเบบมีการล่า โดยใช้ทฤษฎีความเค้นเฉือน อ็อกคาศีครัลล์ร่วมกับหลักเกณฑ์ของไซเคอร์เบอร์ก
 - ค) ใช้ค่าความชัน ระยะแฉ่งตัว หรือค่าความเร็ววิกฤตค่าแรก
- iii) มีรายการวัสดุบางชนิด ให้เลือกใช้ในโปรแกรม

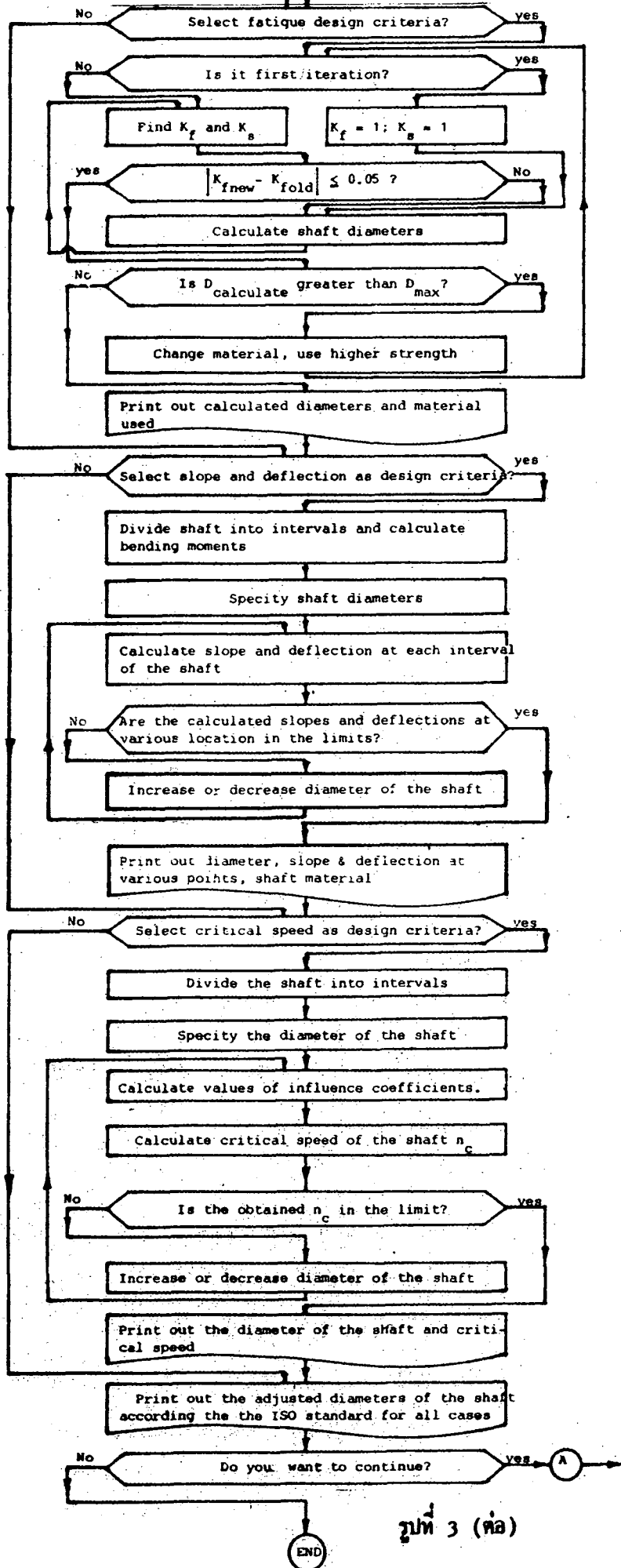
3.2 วิธีการใช้โปรแกรม

- i) ข้อมูลที่ห้องจัดเตรียม ผู้ใช้โปรแกรมต้องจัดเตรียมข้อมูลต่าง ๆ ไว้ดังนี้
 - ก) ข้อมูลทั่วไป ข้อมูลทั่วไปสำหรับออกแบบเพลากลมคือ



รูปที่ 3 Flow chart แสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม SHAFT DESIGN

a, b



รูปที่ 3 (ต่อ)

- ตำแหน่งของจุกรองรับและจุดที่แรงกระทำ วัดจากปลายซ้ายสุดของเพลานหน่วยเป็น ซม.
- ขนาดของแรงที่กระทำกับเพลาทิ้งในแนวตั้งและแนวนอนในหน่วย N
- ความยาวแต่ละช่วงของเพลาและจำนวนครั้งของการเปลี่ยนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง
- วัสดุที่ใช้ทำเพลา

ข) ข้อมูลสำหรับคำนวณหาโมเมนต์บิด

- แรงดึงของสายพานและรัศมีของสายพาน ถ้าใช้ล้อสายพาน
- ค่าแรงในแนวสัมผัสและรัศมีของเฟือง ถ้าใช้เฟือง
- ถ้าไม่ทราบข้อมูลอื่นใด ให้กำหนดความเร็วรอบของเพลาและกำลังที่เพลาลงได้

ค) ข้อมูลสำหรับการออกแบบตาม ASME CODE

- แรงในแนวแกน และลักษณะการรองรับที่แท้จริง
- ลักษณะของภาระที่กระทำ เช่น ค่อย ๆ กระทำ หรือมีการกระตุกเล็กน้อย

ง) ข้อมูลสำหรับการออกแบบเพลาที่รับภาระแบบมีการสั่น

- ค่าความปลอดภัย
- ลักษณะผิวของเพลา และรัศมีของฟิลเล็กระหว่างเพลาขนาดต่าง ๆ

จ) ข้อมูลสำหรับการออกแบบโดยใช้ค่าความชันและระยะแฉกตัว

- จำนวนจุดที่ใช้พิจารณาค่าความชัน และระยะแฉกตัวเพื่อแบ่งเพลาออกเป็นช่วง ๆ
- ค่าความชันและระยะแฉกตัวสูงสุดที่ยอมให้ได้สำหรับการใช้งาน

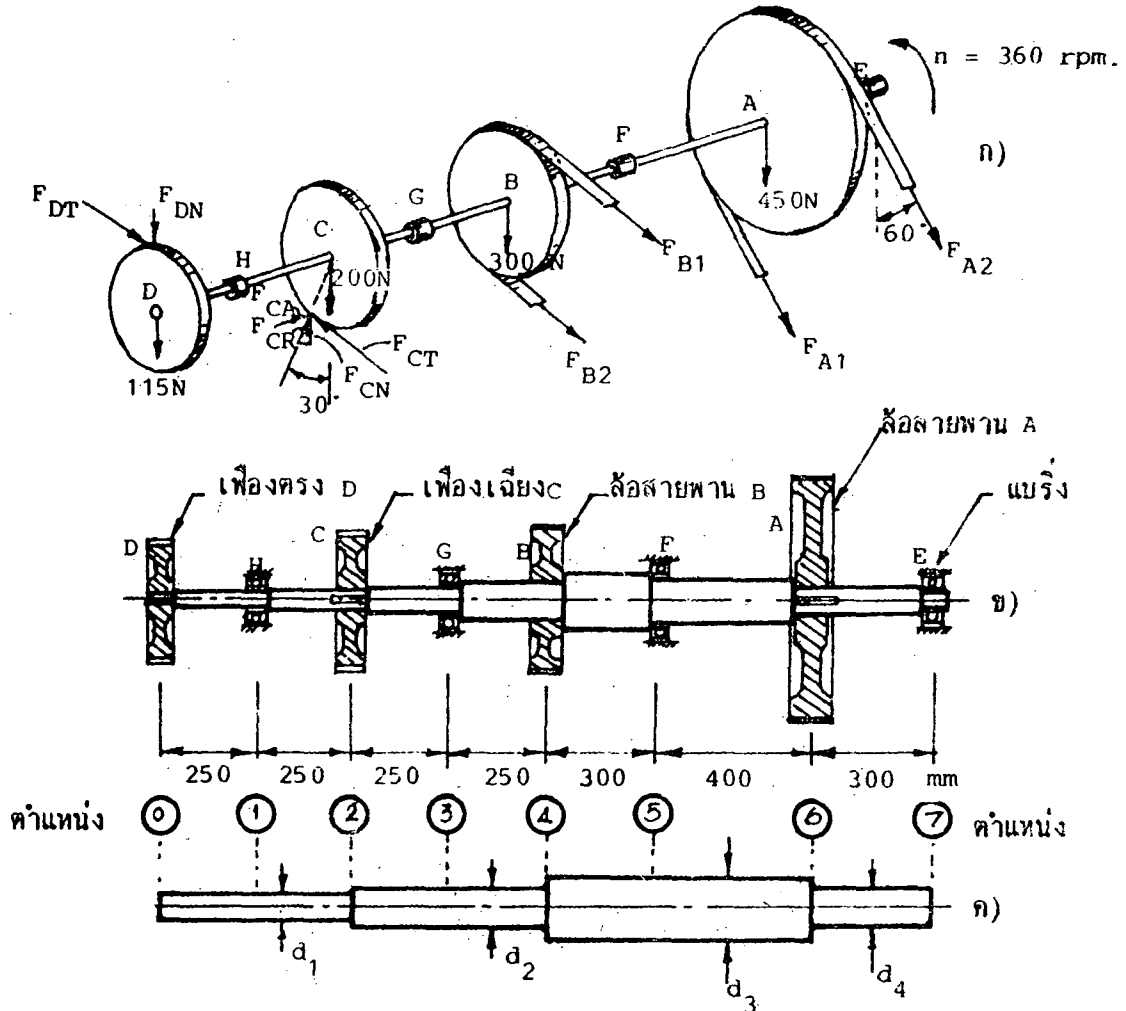
ฉ) ข้อมูลสำหรับการออกแบบโดยใช้ความเร็ววิกฤตค่าแรกเป็นหลัก

- แรงเนื่องจากน้ำหนักของเฟืองหรือล้อสายพานเป็น N
- ความเร็วรอบของเพลาเป็น rpm

ii) การป้อนข้อมูล เนื่องจากโปรแกรมที่เขียนขึ้นเป็นแบบตามตลับ ดังนั้นเมื่อเริ่มต้น run โปรแกรมแล้ว ผู้ใช้ต้องป้อนข้อมูลที่จัดเตรียมไว้ที่ละข้อมูล ดังแสดง

ในตัวอย่างการใช้โปรแกรมในคอนต้อไป

3.3) ตัวอย่างการใช้โปรแกรม เพื่อเป็นตัวอย่างการใช้โปรแกรม SHAFT DESIGN สำหรับออกแบบเพลากลม ในที่นี้จะขอยกตัวอย่างปัญหาดังแสดงในรูปที่ 4)



รูปที่ 4 ลักษณะของเพลาส่งกำลังที่ใช้เป็นตัวอย่างการ run

โปรแกรม SHAFT DESIGN

รูปที่ 4) แสดงเพลาส่งกำลังยาว 2 m หมุนอยู่ด้วยความเร็ว 360 rpm มีแบริ่งรองรับอยู่ 4 จุด ที่ E F G และ H ดังในรูป วัสดุที่ใช้ทำเพลาเป็นเหล็กชนิด AISI C1045 AR บนเพลาที่มีเฟือง C D และล้อสายพาน A B ติดตั้งอยู่ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

- i. ล้อสายพาน A หนัก 450 N รับกำลัง 50 kw มาจากเพลาต้นกำลังที่อยู่ด้านล่าง อัตราส่วนความตึงของสายพาน $F_{A1} / F_{A2} = 3$

ii. ล้อสายพาน B หนัก 300 N ส่งกำลัง 30 % ไปยังล้อสายพานอีกชุดหนึ่งในแนวระดับ อัตราส่วนความตึงของสายพาน $F_{B1}/F_{B2} = 3$

iii. เฟืองเจียง C หนัก 200 N มีมุม ชั้ 20° และมีมุมเฮลิคซ์ 15° ส่งกำลัง 50 % ไปยังเฟืองเจียงที่อยู่ค้ำกลางทางซ้าย ซึ่งทำมุม 30° กับแนวระดับ

iv. เฟืองตรง D หนัก 115 N มีมุมชั้ 20° ส่งกำลังที่เหลือให้เฟืองตรงซึ่งอยู่ค้ำบนตั้งแสดงในรูปที่ 4

เพลลาที่ใช้ส่งกำลังเป็นเพลลาตัน มีร่องฉิมแบบsled runner ณ.ตำแหน่งที่ติดตั้งเฟืองและล้อสายพานทุกแห่ง ผิวหน้าของเพลลาได้ผ่านการกัดกลึง รัศมีที่เล็ที่สุดบริเวณที่มีการเปลี่ยนขนาดเท่ากับ 3 mm โมเมนต์บิดบนเพลลาเปลี่ยนแปลงได้ 25 % ค่าพิกัดต่างๆ กำหนดไว้ดังนี้คือ

- .ระยะแฉ่นตัวของเพลลาบริเวณที่ติดตั้งเฟืองมีค่าไม่เกิน 0.075 mm
 - .ความชันของเพลลาที่ตำแหน่งของแฉ่งรูปกลุ่ปมีค่าไม่เกิน 1 deg และ
 - .ความเร็วรอบของเพลลาที่ใช้งานมีค่าไม่เกิน 75 % ของค่าความเร็ววิกฤตค่าแรก
- ต้องการคำนวณหาขนาดของเพลลาโดยใช้หลักเกณฑ์การออกแบบทุกวิธีที่กล่าวถึงใน -

หัวข้อ 3.1

3.3.1 การเตรียมข้อมูล

ข้อมูลที่จัดเตรียมไว้สำหรับใช้ในการ run โปรแกรม SHAFT DESIGN แสดงไว้ในตารางที่ 1

3.3.2 การป้อนข้อมูลและผลจากการใช้โปรแกรม

ทำการ runโปรแกรม SHAFT DESIGN และป้อนข้อมูลที่เตรียมไว้ในตารางที่ 1 ตามคำแนะนำ จะปรากฏผลบนจอดังนี้คือ

ก) ตัวอย่างการป้อนข้อมูล ข้อมูลทั้งหมดป้อนเป็นระบบถาม/ตอบ ภาพทั้งหมดที่ปรากฏบนจอของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ จะมีลักษณะดังต่อไปนี้

```

*****
*
*          GENERAL DATA          *
*
*
*****

```

LENGTH IN CENTIMETER
FORCE IN NEWTON

NO. OF SUPPORT (<=4) ? 4

ตารางที่ 1 ข้อมูลพิกัดเตรียมไว้สำหรับ run โปรแกรม

| สัญลักษณ์ | ความหมาย | ค่าที่ใช้ในตัวอย่าง การ RUN |
|----------------|--|--|
| X(I) | ตำแหน่งของจุดรองรับ (แมริง) วัดจากคานซ้ายมือจาก ตำแหน่ง 0 ในรูปที่ 4 ในหน่วย ซม. ซึ่งจะเป็นตำแหน่ง ที่ 1, 3, 5 และ 7 | 25, 75, 130, 200 |
| X(I) | ตำแหน่งของแรงที่กระทำเพลาวัดจากตำแหน่ง 0 ในรูปที่ 4 ในหน่วย ซม. ซึ่งจะเป็นตำแหน่งที่ 0, 2, 4 และ 6 | 0, 50, 100, 170 |
| FH(I) | แรงที่กระทำกับเพลาในแนวระกับนหน่วยเป็นนิวตัน | 2122.06, -4420.97, 5305.16, 7657.34 |
| FV(I) | แรงที่กระทำกับเพลาในแนวตั้ง หน่วยเป็นนิวตัน | 887.38, 1242.68, 300.0, 4670.96 |
| ST | จำนวนครั้งของการเปลี่ยนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง | 4 |
| L(I) | ความยาวของแต่ละขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางในหน่วย ซม. | 50, 50, 70, 30 |
| F1 | แรงดึงคานดึงของสายพานในล้อสายพาน C และ A ในหน่วยนิวตัน | 3978.87, 6631.45 |
| F2 | แรงดึงคานหยอนของสายพานในล้อสายพาน C และ A ในหน่วยนิวตัน | 1326.29, 2210.48 |
| RW | รัศมีของล้อสายพาน C และ A (ซม.) | 15.30 |
| F ₃ | แรงที่กระทำกับเฟือง D และ B ในแนวรัศมี (นิวตัน) | 2122.06, 4420.97 |
| PG | รัศมีของเฟือง D และ B (ซม.) | 12.5, 15 |
| XF(I) | แรงกระทำในแนวแกนที่ตำแหน่ง 0, 2, 4 และ 6 ในรูปที่ 4 (นิวตัน) | 0, 1184.5, 0, 0 |
| SF | ค่าความปลอดภัยสำหรับการออกแบบโดยใช้ทฤษฎี ความเค้นเฉือนออกอีกรวมกับทฤษฎีการล้าของ ไซเคอร์เบอร์ด | 1.5 |
| FR | รัศมี Fillet ระหว่างช่วงเปลี่ยนขนาดของเพลา (มม.) | 3 |
| TT | เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของพอร์ค | 25% |
| NP | จำนวนจุดที่ต้องการพิจารณาจากความชันและระยะแอน ตัวของเพลา ตำแหน่ง 0 และ 2 ในรูปที่ 4 | 2 |
| LP(I) | ตำแหน่งของจุดที่พิจารณาจากความชันและระยะแอน (ในรูปที่ 4) + 1 (ตำแหน่ง 0 และ 4) | 1, 5 |
| TX(I) | ระยะแอนตัวสูงสุดของตำแหน่งที่พิจารณา (มม.) | 0.0175, 0.075 |
| QX(I) | ค่าความชันสูงสุดของตำแหน่งที่พิจารณา (radions) | 0.0175, 0.0175 |
| FG | ความเร็วรอบของเพลา (รอบ/นาที) | 360 |
| FS(I) | แรงเนื่องจากน้ำหนักของเฟือง หรือล้อสายพาน (นิวตัน) วัดจากคานซ้ายมือไป | 115, 200, 300, 450 |

SUPPORT NO.1

=====

DISTANCE OF SUPPORT (FROM LEFT)=25

SUPPORT NO.2

=====

DISTANCE OF SUPPORT (FROM LEFT)=75

SUPPORT NO.3

=====

DISTANCE OF SUPPORT (FROM LEFT)=130

SUPPORT NO.4

=====

DISTANCE OF SUPPORT (FROM LEFT)=200

LOAD NO.1

=====

DISTANCE OF LOAD (FROM LEFT) =0

FORCE (IN HORIZONTAL) =2122

FORCE (IN VERTICAL) =887.4

LOAD NO.2

=====

DISTANCE OF LOAD (FROM LEFT) =50

FORCE (IN HORIZONTAL) =-4421

FORCE (IN VERTICAL) =-1242.7

LOAD NO.3

=====

DISTANCE OF LOAD (FROM LEFT) =100

FORCE (IN HORIZONTAL) =5305.2

FORCE (IN VERTICAL) =300

LOAD NO.4

=====

DISTANCE OF LOAD (FROM LEFT) =170

FORCE (IN HORIZONTAL) =7657.3

FORCE (IN VERTICAL) =4871

DO YOU WANT TO CORRECT DATA (Y/N) ? N

STEP OF SHAFT=4

SIZE 1

=====

LENGTH OF SIZE=50

SIZE 2

=====

LENGTH OF SIZE=50

SIZE 3

=====

LENGTH OF SIZE=70

SIZE 4

=====

LENGTH OF SIZE=30

WHAT KIND OF SHAFT ?

=====

- 1 HOLLOW ROUND SHAFT
 2 SOLID ROUND SHAFT
 (PRESS 1 OR 2)PRESS=2

DO YOU WANT TO LIMIT SHAFT DIA. (Y/N) ? N
 DO YOU WANT TO CORRECT DATA(Y/N) ? N

DO YOU KNOW STRENGTH OF MATERIAL (Y/N) ? N

CD=COLD DRAWN AR=AS ROLLED
 NL=NORMALIZED AN=ANNEALED
 CF=COLD FINISHED

C 1010 CD C 1020 CD C 1095 NL
 C 1015 CD C 1022 AR B 1113 CF
 C 1020 AR C 1030 AR B 1113 AR
 C 1020 NL C 1035 AR C 1118 AR
 C 1020 AN C 1045 AR C 1118 CD

HAVE MATERIAL THAT YOU WANT(Y/N) ? Y
 THE COLUMN OF MATERIAL=2
 THE ROW OF MATERIAL =5
 DO YOU WANT TO CORRECT DATA(Y/N) ? N

 \$
 * FIND TORQUE *
 \$

WHAT KIND OF LOAD NO. 1

=====

1 WHEEL,PULLEY
 2 GEAR
 3 KNOWN SPEED AND POWER
 (PRESS1,2 OR 3) PRESS =2
 TANGENTIAL FORCE =2122.1
 PITCH RADIUS(cm.) =12.5
 TORQUE TWIST CLOCKWISE(Y/N) ? Y
 DO YOU WANT TO CORRECT DATA(Y/N) ? N
 T(1)=-26526.25

WHAT KIND OF LOAD NO. 2

=====

1 WHEEL,PULLEY
 2 GEAR
 3 KNOWN SPEED AND POWER
 (PRESS1,2 OR 3) PRESS =2
 TANGENTIAL FORCE =4421
 PITCH RADIUS(cm.) =15
 TORQUE TWIST CLOCKWISE(Y/N) ? Y
 DO YOU WANT TO CORRECT DATA(Y/N) ? N
 T(2)=-66315

WHAT KIND OF LOAD NO. 3

=====

1 WHEEL, PULLEY
 2 GEAR
 3 KNOWN SPEED AND POWER
 (PRESS 1, 2 OR 3) PRESS =1
 TIGHT TENSION =3978.9
 SLACK TENSION =1326.3
 WHEEL RADIUS(cm.) =15
 TORQUE TWIST CLOCKWISE(Y/N) ? Y
 DO YOU WANT TO CORRECT DATA(Y/N) ? N
 T(3)=-39789

WHAT KIND OF LOAD NO. 4

=====

1 WHEEL, PULLEY
 2 GEAR
 3 KNOWN SPEED AND POWER
 (PRESS 1, 2 OR 3) PRESS =1
 TIGHT TENSION =6631.5
 SLACK TENSION =2210.5
 WHEEL RADIUS(cm.) =30
 TORQUE TWIST CLOCKWISE(Y/N) ? N
 DO YOU WANT TO CORRECT DATA(Y/N) ? N
 T(4)=132630

 \$
 \$ SELECT METHOD \$
 \$

WHICH METHOD TO USE ?

=====

ASME CODE(Y/N) ? Y
 FATIGUE(OCTAHEDRAL & SODERBERG)(Y/N) ? Y
 CONSIDER SLOPE & DEFLECTION(Y/N) ? Y
 CONSIDER CRITICAL SPEED(Y/N) ? Y
 SELECT KEYWAY(Y/N) ? Y
 SELECT BALL BEARING(Y/N) ? Y
 SHOWN TABLE OF MATERIAL (Y/N) ? Y
 SHOWN TABLE OF KEYWAY (Y/N) ? Y
 SHOWN TABLE OF BALL BEARING (Y/N) ? Y
 DO YOU WANT TO CORRECT DATA(Y/N) ? N

 \$
 \$ ASME CODE DATA \$
 \$

HAVE KEYWAY(Y/N) ? Y
 HAVE AXIAL FORCE(Y/N) ? Y

WHAT KIND OF SURFACE ?

=====

- 1 MIRROR POLISHED
 - 2 POLISHED&GROUND
 - 3 MACHINE
 - 4 WITH SHARP CIRCULAR NOTCH
- (PRESS 1,2,3 OR 4)PRESS =3

WHAT KIND OF MATERIAL ?

=====

- 1 Q & T
 - 2 ANNEAL OR NORMALIZE
 - 3 ALUMINIUM ALLOY
- (PRESS 1,2 OR 3)PRESS=1
- DO YOU WANT TO CORRECT DATA(Y/N) ? N

```

$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$
$
$          SLOPE & DEFLECTION DATA          $
$
$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$

```

NO. OF STATION TO COMPARE=2

COMPARISON NO. 1

=====

THIS STATION IS ACTUAL STATION NO.=1

MAXIMUM DEFLECT (mm.) =.075

MAXIMUM SLOPE (RAD.) =.0175

COMPARISON NO. 2

=====

THIS STATION IS ACTUAL STATION NO.=5

MAXIMUM DEFLECT (mm.) =.075

MAXIMUM SLOPE (RAD.) =.0175

DO YOU WANT TO CORRECT DATA (Y/N) ? N

```

$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$
$
$          CRITICAL SPEED DATA          $
$
$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$

```

SPEED OF SHAFT (RPM) =360

FORCE AT LOAD NO. 1 (NEWTON) =115

FORCE AT LOAD NO. 2 (NEWTON) =200

FORCE AT LOAD NO. 3 (NEWTON) =300

FORCE AT LOAD NO. 4 (NEWTON) =450

DO YOU WANT TO CORRECT DATA (Y/N) ?N

LOAD NO. 1
=====
AXIAL FORCE=0

LOAD NO. 2
=====
AXIAL FORCE=1184.6

LOAD NO. 3
=====
AXIAL FORCE=0

LOAD NO. 4
=====
AXIAL FORCE=0

WHAT KIND OF SUPPORT ?
=====

1 SIMPLY SUPPORT
2 CLAMPED
3 SIMPLY-CLAMPED
(PRESS 1,2 OR 3)PRESS=2
DO YOU WANT TO CORRECT DATA(Y/N) ?N

WHAT KIND OF SHAFT ?
=====

1 STATIONARY SHAFT
2 ROTATING SHAFT
(PRESS 1 OR 2)PRESS=2

WHAT KIND OF LOAD ?
=====

1 GRADUALLY APPLIED
2 MINOR SHOCK
3 HEAVY SHOCK
(PRESS 1,2 OR 3)PRESS=1
DO YOU WANT TO CORRECT DATA(Y/N) ? N

\$
\$ FATIGUE DATA \$
\$
#####

SAFETY FACTOR =1.5
FILLET RADIUS(mm.) =3
TORQUE IS VARY(Y/N) ? Y
PERCENT VARY =25
DO YOU WANT TO CORRECT DATA(Y/N) ? N

ได้มาจากการหาสมการระชักรภาพ K_c และ K_{cs} ที่มีใช้กันอยู่ในหนังสือการออกแบบเครื่องจักรกลทั่วไป [8] นอกจากนี้ความคลาดเคลื่อนยังอาจจะเกิดจากการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ของวัสดุ ด้วยกราฟเส้นตรงอีกด้วย [8]

4.2 วิจารณ์และข้อเสนอแนะ ข้อดีของโปรแกรม SHAFT DESIGN ซึ่งใช้สำหรับออกแบบเพลากลมที่ได้เขียนขึ้นมีดังนี้ คือ

ก) เนื่องจากการคำนวณออกแบบเพลากลมโดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ ให้ผลที่แม่นยำ และรวดเร็ว เมื่อเทียบกับการคำนวณโดยใช้เครื่องคิดเลขแบบธรรมดาด้วยมือ ดังนั้นผู้ใช้โปรแกรมจึงสามารถเปรียบเทียบขนาดของเพลาคำนวณได้จากหลักเกณฑ์การออกแบบต่างๆ ทำให้สามารถศึกษาถึงอิทธิพลของตัวแปรต่างๆ ได้อย่างละเอียด ก่อนที่จะตัดสินใจเลือกออกแบบสำหรับการใช้งาน

ข) โปรแกรม SHAFT DESIGN นี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอนเรื่องวิธีการออกแบบเพลา ในวิชาการออกแบบเครื่องจักรกลซึ่งเป็นวิชาพื้นฐานสำหรับนักศึกษาวิศวกรรมเครื่องกล วิศวกรรมอุตสาหกรรม และวิศวกรรมเกษตรได้เป็นอย่างดี ทั้งนี้เพราะโปรแกรมจะช่วยให้นักศึกษาได้มีโอกาสเปรียบเทียบผลของการใช้ทฤษฎีการออกแบบต่างๆ ได้อย่างรวดเร็ว

อย่างไรก็ดีโปรแกรมการออกแบบเพลากลมที่เขียนขึ้น ยังมีข้อบกพร่องอยู่อีกดังนี้

ก) การคำนวณหาขนาดของเพลาในบางช่วงของโปรแกรมใช้เวลาค่อนข้างนาน เช่นการหาขนาดของเพลาโดยใช้ความเร็ววิกฤตค่าแรกเป็นหลัก ดังนั้นจึงควรมีการปรับปรุงเพื่อให้โปรแกรมสามารถทำงานได้เร็วขึ้นจากเดิม เช่นคัดแปลงให้โปรแกรมสามารถใช้ได้กับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ขนาด 16 บิต เป็นต้น

ข) ควรปรับปรุงโปรแกรม SHAFT DESIGN ให้สามารถออกแบบเพลาและส่วนประกอบอื่นๆ พร้อมกันไปด้วยเช่น ลิม และ แบริ่ง สำหรับรองรับเพลา นอกจากนี้ควรเพิ่มข้อมูลของวัสดุให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- [1] Faïres, V.M., "Design of Machine Elements," 4th Ed., the Macmillan Company.
- [2] Deutschman, A.D., Michels, W.J. and Wilson, C.E. "Machine Design : Theory and Practice", Macmillan Publishing Co., 1975
- [3] Shigley, J.E. and Mitchell, L.D., "Mechanical Engineering Design", 4th Ed., McGraw-Hill Book Co., 1983.
- [4] วรวิทย์ อึ้งภากรณ์ และ ช่างู๋ อดั้คงาน "การออกแบบเครื่องจักรกล", เล่ม 1, พิมพ์ครั้งที่ 3, กรุงเทพฯ, บริษัท ซีเอ็คยูเค็ชั้จ้จำกัด, 2525
- [5] วรวิทย์ อึ้งภากรณ์ และ ช่างู๋ อดั้คงาน "การออกแบบเครื่องจักรกล", เล่ม 2, พิมพ์ครั้งที่ 2, กรุงเทพฯ, บริษัท ซีเอ็คยูเค็ชั้จ้จำกัด, 2525.
- [6] Thomson W.T., " Theory of Vibration with Applications", 2nd Ed., Prentice-Hall Inc., 1981
- [7] วรวิทย์ อึ้งภากรณ์ และ ไสว ปานมา, "การออกแบบเพลาอลอมโดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์", รายงานโครงการหมายเลข ม 85-1, ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, กุมภาพันธ์ 2528
- [8] คำสุข เมฆคารา, วรากร เชงทูลถนา และ วิมล สรวลเสัณั้, "การออกแบบเพลาโดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์", รายงานโครงการหมายเลข ม 84-2 ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ตุลาคม 2526

```
*****
*
*      ASME CODE ADJUST DIA.      *
*      MATERIAL AISI C 1045 AR    *
*
*      DIAMETER (SIZE 1)= 45.00  mm. *
*      DIAMETER (SIZE 2)= 45.00  mm. *
*      DIAMETER (SIZE 3)= 50.00  mm. *
*      DIAMETER (SIZE 4)= 50.00  mm. *
*
*****
```

```
*****
*
*      FATIGUE ADJUST DIA.      *
*      MATERIAL AISI C 1045 AR    *
*
*      DIAMETER (SIZE 1)= 45.00  mm. *
*      DIAMETER (SIZE 2)= 45.00  mm. *
*      DIAMETER (SIZE 3)= 55.00  mm. *
*      DIAMETER (SIZE 4)= 55.00  mm. *
*
*****
```

```
*****
*
*      SLOPE & DEFLECT ADJUST DIA. *
*      MATERIAL AISI C 1045 AR    *
*
*      DIAMETER (SIZE 1)= 90.00  mm. *
*      DIAMETER (SIZE 2)= 90.00  mm. *
*      DIAMETER (SIZE 3)=100.00  mm. *
*      DIAMETER (SIZE 4)= 95.00  mm. *
*
*****
```

```
*****
*
*      CRITICAL SPEED ADJUST DIA. *
*      MATERIAL AISI C 1045 AR    *
*
*      DIAMETER (SIZE 1)= 45.00  mm. *
*      DIAMETER (SIZE 2)= 50.00  mm. *
*      DIAMETER (SIZE 3)= 50.00  mm. *
*      DIAMETER (SIZE 4)= 50.00  mm. *
*
*      CRITICAL SPEED   = 480  RPM. *
*
*****
```

4. สรุปวิจารณ์ และข้อเสนอแนะ

4.1 สรุป ผลการออกแบบเพลากลมสำหรับส่งกำลังคังในรูปที่ 4 โดยใช้เครื่องมือโครมทิวเตอร์และเครื่องคิดเลขแบบธรรมดา [7] แสดงไว้ในตารางที่ 2 ตารางที่ 2 ผลการคำนวณออกแบบเพลากลมสำหรับช่วงต่างๆ โดยใช้เครื่องคิดเลขแบบธรรมดาด้วยมือ และใช้โปรแกรม SHAFT DESIGN [7]

| หลักเกณฑ์ที่ใช้ ในการออกแบบ | ใช้เครื่องคิดเลข | | | | ใช้โปรแกรม | | | |
|---|---|------|-------|------|---|------|-------|------|
| | ขนาดของเพลา(mm) [ขนาดที่ปรับแล้วตาม ISO] | | | | ขนาดของเพลา(mm) [ขนาดที่ปรับแล้วตาม ISO] | | | |
| | d1 | d2 | d3 | d4 | d1 | d2 | d3 | d4 |
| ASME CODE | 43.3 | 44.2 | 47.6 | 46.5 | 43.4 | 44.2 | 47.6 | 46.5 |
| | [45] | [45] | [50] | [50] | [45] | [45] | [50] | [50] |
| ทฤษฎีความเค้นเฉือนเอื้อค | 44.9 | 44.9 | 52.4 | 52.4 | 44.1 | 44.4 | 52.9 | 52.9 |
| ค่าสิ่วร่วร่วมกับหลักเกณฑ์ ของโซเคอร์เบอร์ | [45] | [45] | [55] | [55] | [45] | [45] | [55] | [55] |
| ค่าระยะแฉกตัวและค่า | 88.1 | 89.9 | 96.8 | 94.5 | 88.1 | 89.9 | 96.8 | 94.5 |
| ความชันของเพลา | [90] | [90] | [100] | [95] | [90] | [90] | [100] | [95] |
| ความเร็ววิกฤตค่าแรก | 45.1 | 46.0 | 49.6 | 48.4 | 45.1 | 46.0 | 49.6 | 48.4 |
| | [45] | [50] | [50] | [50] | [45] | [50] | [50] | [50] |

จากตารางจะเห็นได้ชัดว่า ขนาดของเพลาที่ได้จากการใช้โปรแกรม SHAFT DESIGN มีค่าใกล้เคียงกับขนาดที่คำนวณได้โดยเครื่องคิดเลขมากค่าผิดพลาดสูงสุดเกิดขึ้นในกรณีที่ใช้ทฤษฎีความเค้นเฉือนเอื้อคค่าสิ่วร่วร่วมกับหลักเกณฑ์ของโซเคอร์เบอร์ ซึ่งมีค่าประมาณ 2 % ที่เพลาช่วงที่ 1 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง d_1 จากผลการคำนวณด้วยมือและ เครื่องคอมพิวเตอร์มีค่าเป็น 44.9 mm และ 44.1 mm ตามลำดับ สาเหตุของการคลาดเคลื่อนส่วนใหญ่ เกิดจากการประมาณค่าความเค้นทนทานสำหรับกรณีที่มีการส้า หรือ ตัวประกอบซึ่งลดความต้านทานการส้า [K_f และ K_{fs}] ซึ่งสมการของค่าความเค้นทนทาน [K_t และ K_{ts}] ที่ใช้ในโปรแกรม

RESULTANT SLOPE & DEFLECTION

=====

| STATION | LENGTH cm. | SLOPE RAD. | DEFLECTION mm. |
|---------|---------------|---------------|-------------------|
| 1 | 0.00 | 0.00015 | 0.07500 |
| 2 | 12.50 | 0.00013 | 0.03385 |
| 3 | 25.00 | 0.00008 | 0.00000 |
| 4 | 37.50 | 0.00014 | 0.02064 |
| 5 | 50.00 | 0.00026 | 0.02490 |
| 6 | 62.50 | 0.00034 | 0.01503 |
| 7 | 75.00 | 0.00033 | 0.00000 |
| 8 | 87.50 | 0.00027 | 0.00939 |
| 9 | 100.00 | 0.00020 | 0.01047 |
| 10 | 115.00 | 0.00019 | 0.00492 |
| 11 | 130.00 | 0.00028 | 0.00000 |
| 12 | 150.00 | 0.00036 | 0.02268 |
| 13 | 170.00 | 0.00022 | 0.03870 |
| 14 | 185.00 | 0.00005 | 0.02748 |
| 15 | 200.00 | 0.00000 | 0.00000 |

```

*****
*
*   SLOPE & DEFLECT SOLUTION   *
*   MATERIAL AISI C 1045 AR    *
*
*   DIAMETER (SIZE 1)= 88.12  mm. *
*   DIAMETER (SIZE 2)= 89.92  mm. *
*   DIAMETER (SIZE 3)= 96.81  mm. *
*   DIAMETER (SIZE 4)= 94.54  mm. *
*
*****

```

```

*****
*
*   CRITICAL SPEED SOLUTION   *
*   MATERIAL AISI C 1045 AR    *
*
*   DIAMETER (SIZE 1)= 45.12  mm. *
*   DIAMETER (SIZE 2)= 46.04  mm. *
*   DIAMETER (SIZE 3)= 49.57  mm. *
*   DIAMETER (SIZE 4)= 48.41  mm. *
*
*   CRITICAL SPEED   = 480  RPM. *
*
*****

```

ข) ผลการคำนวณที่ได้จากโปรแกรม

SHEAR FORCE

| LENGTH (cm) | HORIZONTAL ($\times 10^2$ N) | VERTICAL ($\times 10^2$ N) |
|----------------|----------------------------------|--------------------------------|
| 0.00 | -21.220 | -8.874 |
| 25.00 | -6.635 | 2.100 |
| 50.00 | 37.575 | 14.527 |
| 75.00 | 9.791 | -8.974 |
| 100.00 | -43.261 | -11.974 |
| 130.00 | 44.389 | 26.443 |
| 170.00 | -32.184 | -22.267 |
| 200.00 | 0.000 | 0.000 |

BENDING MOMENT

| LENGTH cm. | HORIZONTAL N*M | VERTICAL N*M | TOTAL N*M |
|---------------|-------------------|-----------------|--------------|
| 0.00 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 25.00 | -530.500 | -221.850 | 575.020 |
| 50.00 | -696.371 | -169.355 | 716.669 |
| 75.00 | 243.008 | 193.816 | 310.833 |
| 100.00 | 487.789 | -30.529 | 488.743 |
| 130.00 | -810.033 | -389.742 | 898.918 |
| 170.00 | 965.523 | 667.996 | 1174.076 |
| 200.00 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |

```
*****
*
*           ASME CODE SOLUTION
*           MATERIAL AISI C 1045 AR
*
*           DIAMETER (SIZE 1)= 43.32 mm.
*           DIAMETER (SIZE 2)= 44.20 mm.
*           DIAMETER (SIZE 3)= 47.59 mm.
*           DIAMETER (SIZE 4)= 46.47 mm.
*
*****
```

```
*****
*
*           FATIGUE SOLUTION
*           MATERIAL AISI C 1045 AR
*
*           DIAMETER (SIZE 1)= 44.14 mm.
*           DIAMETER (SIZE 2)= 44.35 mm.
*           DIAMETER (SIZE 3)= 52.85 mm.
*           DIAMETER (SIZE 4)= 52.85 mm.
*
*****
```