คู่มือซ่อมการตั้งศูนย์เพลาใบจักร

เรียบเรียงโดย แผนกห้องสมุด กรมพัฒนาการช่าง กรมอู่ทหารเรือ ปี 2565

บทที่ ๑
วัตถุประสงค์และสิ่งที่ควรคำนึงถึงในการตั้งศูนย์เพลาใบจักร

๑. วัตถุประสงค์ของการตั้งศูนย์เพลา

การตั้งศูนย์เพลามีจุดประสงค์เพื่อหาตำแหน่งที่เหมาะสมที่สุดของแบริ่งทุกตัวที่จะทำให้เกิดสภาวะที่ต้องการดังต่อไปนี้

๑.๑ แรงกดบนแบริ่งทุกตัวจะต้องไม่สูงเกินเกณฑ์หรือทำให้แบริ่งอยู่ในสภาวะ OVERLOAD

๑.๒ เพื่อป้องกันไม่ให้แบริ่งเกิดสภาวะ UNLOAD สาเหตุของสภาวะนี้มาจากการที่เพลาไม่นั่งบนแบริ่ง แต่พยายามดึงให้แบริ่งลอยขึ้นในทางดิ่ง

๑.๓ แรงกดบนแบริ่งในบริเวณใกล้เคียงกัน ควรมีขนาดใกล้เคียงกัน

๑.๔ แบริ่งหัวท้ายของเกียร์ ควรจะมีแรงกดใกล้เคียงกัน

๑.๕ ความเค้นประเภท BENDING STRESS ที่เกิดในเพลาจะต้องมีค่าไม่เกิน ENDURANCE LIMIT

๒. สิ่งที่ควรคำนึงถึงในการตั้งศูนย์เพลา

๒.๑ จำนวนแบริ่งทั้งหมดที่รองรับเพลาและระยะห่างระหว่างแบริ่ง เนื่องจากทั้งสองสิ่งนี้มีอิทธิพลอย่างมากต่อการแอ่นตัวของเพลา (Shaft Deflection) นอกจากนี้ระยะห่างจากแบริ่งในโยงโย่ตัวสุดท้ายถึงจุดศูนย์กลางดุมใบจักรและระยะห่างระหว่างแบริ่งคู่ที่ใกล้กับใบจักรจะมีผลต่อจุดสั่นของเพลาอีกด้วย

๒.๒ การเปลี่ยนแปลงของการแอ่นตัวของตัวเรือ (Hull Movement) สาเหตุของการแอ่นตัวของตัวเรือ ได้แก่

- แสงแดดที่ส่องลงบนตัวเรือ
- การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศ
- การแอ่นตัวของเรือขณะเข้าอู่แห้งเนื่องจากหากเรือลอยอยู่ในน้ำ จะมีแรงจากน้ำพยุงน้ำหนักทั้งหมดของเรือไว้ แต่หากเรืออยู่ในอู่แห้งไม้หมอนจะเป็นจุดรับน้ำหนักของตัวเรือ ดังนั้นหากเรือเข้าอู่แห้งเป็นระยะเวลานาน ตัวเรือจะมีการแอ่นตัวมาก

จากสาเหตุดังกล่าวนั้น จะมีผลทำให้ระยะของแบริ่งรับเพลามีการเปลี่ยนแปลงได้ดังนั้นการตั้งศูนย์เพลาใบจักร ผู้ปฏิบัติงานควรทำในช่วงเวลาที่อุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก และงานบางอย่างไม่ควรทำในขณะที่เรืออยู่ในอู่แห้ง

๒.๓ ในเรือขนาดใหญ่เมื่อเดินเครื่องเป็นเวลานาน เกียร์จะมีความร้อนสูงส่งผลให้แบริ่งของเพลาเกียร์จะขยายตัวและเปลี่ยนตำแหน่งสูงขึ้น ดังนั้นข้อมูลการเปลี่ยนแปลงระยะผู้ปฏิบัติงานต้องขอข้อมูลจากบริษัทผู้ผลิตเพื่อเป็นข้อมูลในการเผื่อระยะศูนย์

๒.๔ ก่อนการตั้งศูนย์เพลา จะต้องแน่ใจว่าขนาดของเพลาและอุปกรณ์ทุกชิ้นมีความคลาดเคลื่อนอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้ เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นเมื่อนำเรือไปใช้งาน

บทที่ ๒
การตั้งศูนย์เพลาสำหรับกรณีต่อเรือใหม่

๑. การตั้งศูนย์เพลาสำหรับกรณีต่อเรือใหม่

๑ ก่อนที่จะดำเนินการตั้งศูนย์เพลาใบจักรในเรือใหม่นั้นผู้ปฏิบัติงานควรสำรวจสิ่งต่อไปนี้

๑.๑ การเชื่อมแผ่นเปลือกเรือทุกแผ่นต้องเสร็จเรียบร้อย

๑.๒ งานเชื่อมประสานโครงสร้างของเรือ เช่น ฝากั้นบริเวณท้ายห้องเครื่องจักร, ดาดฟ้าท้ายเรือ จะต้องแล้วเสร็จ เนื่องจากทุกส่วนจะมีผลทำให้ท้ายเรือกระดก

๑.๓ ถังน้ำและถังน้ำมันที่อยู่ตั้งแต่กึ่งกลางห้องเครื่องไปจนถึงท้ายเรือ ต้องดำเนินการเชื่อมและทดลองอัดน้ำให้เรียบร้อย และที่สำคัญที่สุดก่อนการตั้งศูนย์เพลาจะต้องไม่มีของเหลวเหลืออยู่ในถัง

๑.๔ ก่อนการตั้งศูนย์เพลาใบจักรจะต้องปลดสิ่งค้ำยันและรั้งเรือออกให้หมด โดยปล่อยให้เรือนั่งเป็นอิสระอยู่บนไม้หมอน

๒ เมื่อผู้ปฏิบัติงานได้สำรวจสิ่งต่าง ๆ ดังกล่าวว่าได้ดำเนินการเสร็จสิ้นแล้วนั้นเจ้าหน้าที่ของโรงงานต่าง ๆ จะต้องดำเนินการดังนี้

๒.๑ เจ้าหน้าที่ของโรงงานเรือเหล็ก ขยายแบบเพื่อกำหนดตำแหน่งของการติดตั้งกล้องเล็งและกำหนดแนวเล็งและจุดอ้างอิงต่าง ๆ โดยใช้แบบ GENERAL SHAFT ARRANGMENT เป็นหลัก และดำเนินการเชื่อมกระบอกดีฟุตและโยงโย่ตามตำแหน่ง

๒.๒ เจ้าหน้าที่ของโรงงานปรับซ่อมเครื่องยนต์ ดำเนินการขึงลวดและตั้งกล้องเล็งเพื่อใช้เป็นแนวอ้างอิง ตั้งศูนย์ของกระบอกดีฟุต แบริ่งรับเพลาและโยงโย่

๒.๓ เจ้าหน้าที่ของกองควบคุมคุณภาพ เป็นผู้สำรวจตำแหน่งของกล้องเล็งและแนวเส้นลวดว่าถูกต้องตามที่แบบกำหนดหรือไม่ นอกจากนี้จะต้องเป็นผู้รับรองคุณภาพในการตั้งศูนย์ของกระบอกดีฟุต แบริ่งรับเพลา และโยงโย่

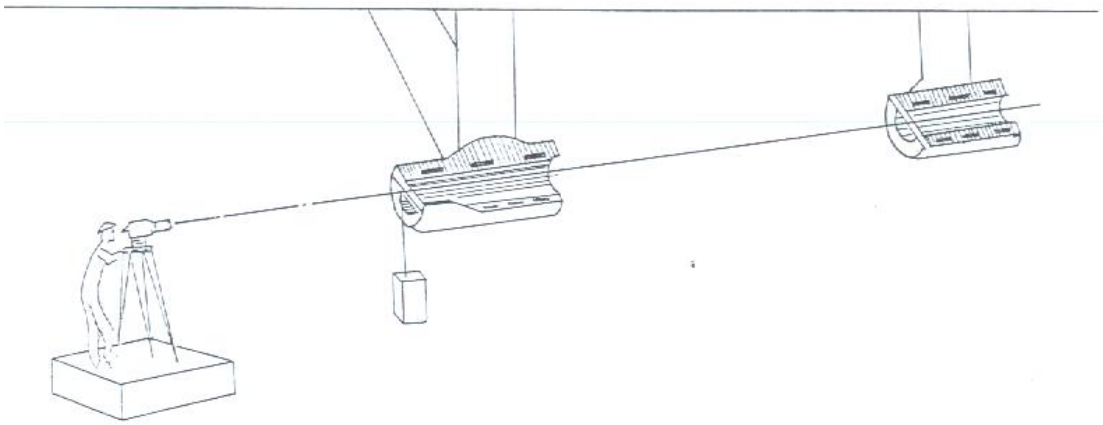
๓ ขั้นตอนการตั้งศูนย์เพลา

๓.๑ ในแบบ SHAFT ARRANGMENT ต่อเส้นที่แสดงแนวศูนย์เพลาไปยังฝากั้นด้านหัวและท้ายของห้องเครื่อง และถ่ายจุดทั้งสองลงบนฝากั้นเพื่อให้เป็นเครื่องหมายในการอ้างอิงจุดของศูนย์เพลาที่ถูกต้อง และดำเนินการเจาะฝากั้นท้ายเป็นวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ ๕๐ มม. เพื่อใช้เครื่องหมายดังกล่าวเป็นจุดศูนย์กลางของวงกลม

๓.๒ ดำเนินการถ่ายจุดของศูนย์เพลาตามห้องต่าง ๆ ทั้งหมดที่เพลาใบจักรผ่าน โดยกระทำเช่นเดียวกับการถ่ายศูนย์เพลาใบจักรในห้องเครื่อง

๓.๓ เจารูที่ตัวเรือให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ ๕๐ มม. เพื่อขยายให้ใหญ่ขึ้นเพื่อติดต้องกระบอกดีฟุตในภายหลัง

๓.๔ กำหนดตำแหน่งของกล้องเล็งท้ายเรือ ใช้ลวดขึงจากเครื่องหมายที่ฝากั้นด้านหัวเรือของห้องเครื่อง ตรงไปยังรอกทีถ่วงน้ำหนักไว้ที่ปลายลวดด้านท้ายเรือ ระหว่างตำแหน่งกล้องเล็งและโยงโย่ตัวท้ายสุด (ตามรูปที่ ๑) โดยลวดดังกล่าวเป็นลวดเปียโน ขนาดหมายเลข ๖ และถ่วงด้วยน้ำหนัก ๓๐ ปอนด์



รูปที่ ๑ การตั้งกล้องเล็งและใช้น้ำหนักถ่วงลวด

๓.๕ ดำเนินการสำรวจแนวเพลา (สามารถเล็งได้จากแนวลวด) โดยกระทำดังนี้

- แนวของเส้นลวดจะต้องแบ่งครึ่งระยะระหว่าง GIRDER ทั้ง ๒ ข้าง ที่รองรับ SHOCKMOUNT ของเครื่องจักรและเกียร์ และแนวของเส้นลวดจะต้องขนานไปกับแนวของ GIRDER ทั้ง ๒ ข้างด้วย
- ตรวจสอบความสูงของเส้นลวดเหนือด้านบนของ GIRDER และตรวจด้วยว่าเมื่อติดตั้งเครื่องจักรใหญ่แล้วจะมีช่องว่างสำหรับสอดแผ่ย SHIM หรือไม่ หรือถ้าเป็นการเท CHOCKFAST จะมีความหนาอยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้หรือไม่
- ใช้ TEMPLATE จำลองรูปร่างของโยงโย่ แล้วตรวจสอบกับแนวของเส้นลวดว่าสามารถติดตั้งเข้ากับตัวเรือได้หรือไม่
- ในกรณีจำเป็นจะต้องเปลี่ยนแนวของเส้นลวดสามารถกระทำได้โดขเปลี่ยนตำแหน่งของศูนย์กล้องเล็งท้ายเรือและเครื่องหมายบนฝากั้นด้านหัวเรือในห้องเครื่อง โดยต้องปรึกษากับ เจ้าหน้าที่จาก กองออกแบบต่อเรือ เพื่อรักษาระยะระหว่างปลายปีกใบจักรและเปลือกเรือ (PROPELLER'S TIP CLEARANCE) น้อยเกินไปและเพื่อรักษามุมของแกนเพลาใบจักร (RAKE ANGLE) ให้มีค่าเปลี่ยนแปลงไปจากค่าที่ออกแบบเดิมให้น้อยที่สุด

๓.๖ ดำเนินการติดตั้งแผ่นเหล็กที่มีความมั่นคง ณ ตำแหน่งของหน้าแปลนของ OUTPUT SHAFT ของเกียร์ กำหนดจุดศูนย์กลางของหน้าแปลนเกียร์บนแผ่นนี้โดยให้

อยู่บนแนวเส้นลวดที่ปรับตำแหน่งตามข้อ ๕ แล้วปลดลวดจากฝากั้นมาขึงไว้กับจุดศูนย์กลางของหน้าแปลนเกียร์จำลองแทน

ในกรณีถ้ามีเวลาและวัสดุเพียงพอ สามารถใช้แผ่น TEMPLATE จำลองรูปร่างของเครื่องจักรใหญ่และเกียร์ พร้อมทั้งตำแหน่งของจุดศูนย์กลางของหน้าแปลนเกียร์แทนแผ่นเหล็กดังกล่าวนี้ก็ได้ โดยจะได้ค่าที่แน่นอนกว่าเนื่องจากได้จำลองระยะต่าง ๆ ตั้งแต่เครื่องจักรใหญ่มาจนถึงปลายเกียร์

๓.๗ ทำการขึงลวดให้ตึงอีกครั้ง แล้วคว้านรูกลมบนฝากั้นที่ได้ทำไว้แล้วทุกฝาที่อยู่ด้านท้ายเรือของห้องเครื่องจักรใหญ่ให้มีขนาดใหญ่ขึ้นเพื่อให้เพลาสอดผ่านได้โดยใช้เส้นลวดเป็นจุดศูนย์กลาง ต่อจากนั้นคว้านรูที่เจาะบนตัวเรือให้สามารถติดตั้งกระบอกดีฟุตได้

๓.๘ ปลดลวดทางด้านท้ายเรือออก ใช้ JIG ประคองโยงโย่ทุกตัวเข้าที่อย่างชั่วคราวแล้วยึดไว้

๓.๙ ติดตั้งแบริ่งรองรับเพลาภายในเรือ และกระบอกดีฟุตและยึดให้อยู่กับที่ชั่วคราว

๓.๑๐ ขึงลวดให้ตึงอีกครั้งด้วยการถ่วงน้ำหนัก แล้วเริ่มดำเนินการตั้งศูนย์แบริ่งทุกตัว โดยเริ่มจากแบริ่งในโยงโย่ตัวท้ายเรือสุด

๓.๑๑ ดำเนินการตั้งศูนย์และติดตั้งโยงโย่ ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

- ติดตั้งเป้าเล็ง ๒ เป้า ทางด้ายท้ายและด้านหัวในแบริ่งของเพลาโยงโย่ ปรับแต่งจนศูนย์กลางของเป้าทั้ง ๒ ทับกับจุดศูนย์กลางของแบริ่ง โดยใช้กล้องเล็งช่วย
- ใช้สลักแต่งเกลียว (ADJUSTING SCREW)) ปรับแต่งโยงโย่ โดยใช้แนวเส้นลวดเป็นเส้นอ้างอิง เนื่องจากเส้นลวดจะมีการตกท้องช้างด้วยน้ำหนักของตัวเอง จึงต้องนำค่าการตกท้องช้างมาตามกับการวัดระยะการปรับแต่งด้วย (การคำนวนการตกท้องช้างของเส้นลวดสามารถดูได้จาก ผนวก ข)

ถ้าเป็นการตั้งศูนย์เพลาแบบเส้นตรง ต้องปรับแต่งให้จุดศูนย์กลางของแบริ่ง (จุดศูนย์กลางของเป้าวงกลม) อยู่สูงกว่าเส้นลวดเท่ากับระยะการตกท้องช้าง ณ จุดนั้น ถ้าเป็นการตั้งศูนย์เพลาแบบเส้นโค้ง FAIRED CURVE จะต้องแต่งให้จุดศูนย์กลางของเป้าอยู่ห่างจากลวดด้วยระยะที่ต้องการแล้วบวกหรือลบออกด้วยระยะยตกท้องช้าง ณ จุดนั้น แล้วแต่กรณี

การปรับแต่งโยงโย่จะต้องพยายามรักษาให้อัตราผิดของตำแหน่งจุดศูนย์กลางของแบริ่งไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนด (ค่า TOLERANCE ที่กำหนดในแบบ) ถ้าหน่วยออกแบบมิได้ระบุเกณฑ์ที่ยอมรับได้ไว้ในแบบ ให้ใช้ข้อมูลจาก ภาคผนวก ก.

- ดำเนินการติดตั้งโยงโย่เข้ากับตัวเรืออย่างถาวร ถ้าการติดตั้งกระทำด้วยการเชื่อมประสานจะต้องระมัดระวังมิให้ตำแหน่งของจุดศูนย์กลางแบริ่งเปลี่ยนไปจนเกินเกณฑ์การคาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ ถ้าการติดตั้งกระทำโดยใช้สลักเกลียว และ VHOCKFAST ให้ปฏิบัติตามมาตรฐานงานช่างว่าด้วยการติดตั้งเครื่องจักรในเรือ

๓.๑๒ ตั้งศูนย์แบริ่งรับเพลาด้านในตัวเรือ โดยปฏิบัติเหมือนการตั้งศูนย์โยงโย่เมื่อเรียบร้อยแล้วจึงติดตั้งเข้ากับโครงสร้างตัวเรืออย่างถาวร อัตราผิดที่ยอมรับได้ของตำแหน่งและแบริ่งให้ดูจาก ภาคผนวก ก.

๓.๑๓ การตั้งศูนย์กระบอกดีฟุตและการติดตั้งเข้ากับโครงสร้างตัวเรือ

- ใช้ JIG ประคองกระบอกดีฟุตให้ได้ศูนย์กับตำแหน่งของเส้นลวดที่ได้เผื่อระยะตกท้องช้างไว้ด้วย ถ้าแบริ่งในกระบอกดีฟุตติดกับกระบอกดีฟุตด้วยการอัดเข้าที่ (PRESS FOT) หรือยึดสลักเกลียว เมื่อพบว่าจุดศูนย์กลางของแบริ่งได้ศูนย์กับเส้นลวดที่แก้ระยะตกท้องช้างแล้ว โดยมีอัตราผิดอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ตามผนวก ก. ให้เชื่อมกระบอกดีฟุตเข้ากับตัวเรือ โดยต้องระวังไม่ให้จุดศูนย์กลางของกระบอกดีฟุตเคลื่อนไปจากค่าอัตราผิดที่สามารถยอมรับได้

บทที่ ๓
การตั้งศูนย์เกียร์

การตั้งศูนย์เกียร์

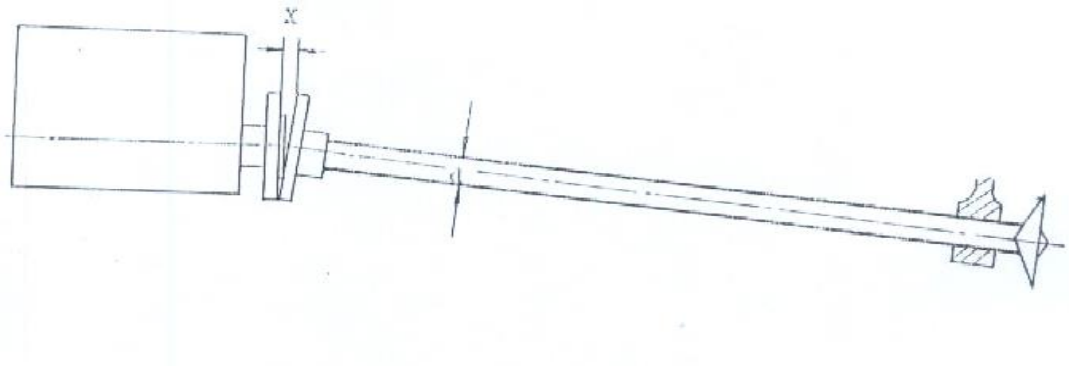
เมื่อได้ดำเนินการตั้งศูนย์เพลาใบจักรและใส่เพลาใบจักรและใบจักรเสร็จสิ้นแล้ว ขั้นตอนต่อไปที่ผู้ปฏิบัติงานต้องกระทำคือการตั้งศูนย์เกียร์ โดยก่อนการตั้งศูนย์เกียร์จะต้องนำเรือลงน้ำ จากนั้นนำอุปกรณ์ที่มีน้ำหนักมาก ๆ ลงเรือให้หมด โดยเฉพาะอย่างยิ่งอุปกรณ์ที่จะต้องติดตั้งอยู่บริเวณท้ายเรือ และฝากั้นด้านหัวเรือของห้องเครื่องจักรใหญ่ นำเกียร์และเครื่องจักรใหญ่ลงติดตั้งภายในเรือโดยที่สำคัญที่สุดคือต้องปล่อยให้เรือลอยน้ำเป็นเวลาอย่างน้อย ๓ วันจึงจะดำเนินการตั้ง

ศูนย์เกียร์ได้ เนื่องจากต้องให้น้ำหนักต่าง ๆ ที่ใส่ลงไปในเรืออยู่ในสภาวะที่คงที่ก่อน โดยขั้นตอนในการตั้งศูนย์เกียร์มีดังนี้

๑. ดำเนินการทำกรอบเหล็กขึ้นปะกับฐานของเกียร์และจัดทำเกลียวแต่งระยะ (ADJUSTING SCREW) เพื่อใช้ปรับแต่งให้เกียร์สามารถขยับตัวในทางดิ่ง และทางระดับได้ จากนั้นนำเกียร์มาวางบนแทนให้มีระยะห่างระหว่างหน้าแปลนของ OUTPUT SHAFT และหน้าแปลนเพลาพอประมาณ (ระยะประมาณ ๑ เซนติเมตร) จากนั้นใช้หน้าแปลนของเพลาเป็นจุดอ้างอิงเพื่อปรับแต่งตำแหน่งของเกียร์ โดยจะต้องปฏิบัติตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต ในกรณีที่ไม่มีคำแนะนำดังกล่าวให้ปฏิบัติตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตรายอื่นที่ผลิตเกียร์ที่มีขนาดความสามารถส่งต่อกำลัง (POWER TRANSMISSION) ที่ใกล้เคียงกัน

๒. ในกรณีของเรือขนาดเล็ก เช่น เรือ PCF หรือ เรือ PGM ที่มีความยาวของเรือไม่เกิน ๓๐ เมตร ให้ปฏิบัติดังนี้

๒.๑ ในกรณีที่มีแบริ่งรับเพลาเพียงตัวเดียว (ดูรูปที่ ๒) เมื่อเลื่อนหน้าแปลนเกียร์เข้าหาหน้าแปลนของเพลา จนกระทั่งครกของหน้าแปลน (RECESS) สวมเข้าบ่าและขอบล่างของหน้าแปลนแนบกัน ระยะ X ซึ่งมีค่าเท่ากับระยะ GAP ที่ด้านบนหักออกด้วยระยะ GAP ด้านล่างจะต้องไม่เกินค่าสูงสุดที่ยอมรับได้ในตารางที่ ๑ โดยไม่ต้องสนใจค่า Y และ L

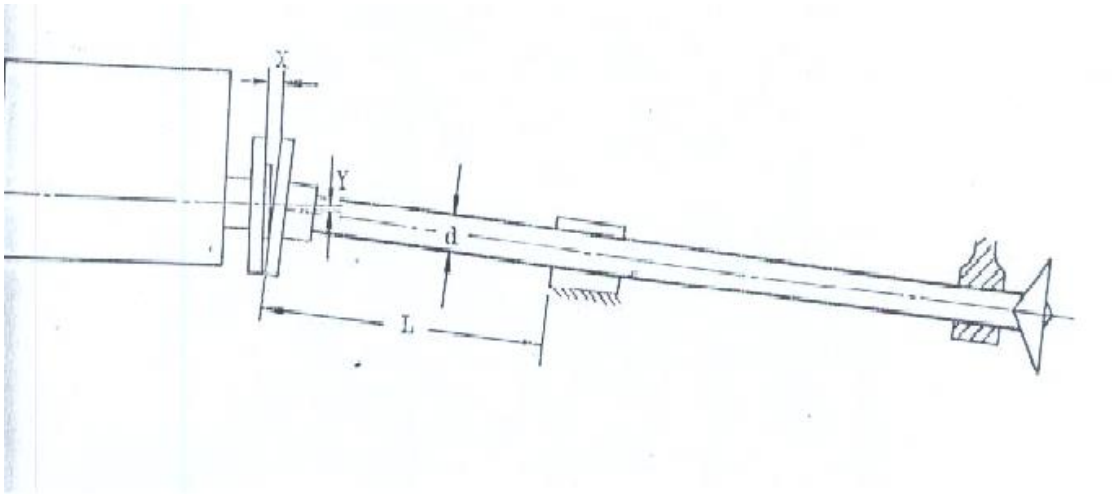


<u>รูปที่ ๒</u> การตั้งศูนย์เกียร์เรือขนาดเล็กมีแบริ่งเพียงตัวเดียว

๒.๒ในกรณีมีแบริ่งรองรับเพลาตั้งแต่ ๒ ตัวขึ้นไป (ดูรูปที่ ๓) จุดศูนย์กลางของหน้าแปลนเกียร์จะต้องอยู่ในระดับเดียวกันหรือสูงกว่าจุดศูนย์กลางของหน้าแปลนไม่เกินค่า Y อันเป็นค่าสูงสุดของอัตราผิดที่สามารถยอมรับได้ในตารางที่ ๑ และในขณะเดียวกันระยะ GAP ด้านบนจะต้องไม่เกินระยะ GAP ด้านล่าง หรือเกินค่า X ในตารางที่ ๑ ซึ่งถือว่าเป็นค่าเกณฑ์สูงสุดที่สามารถยอมรับได้เช่นเดียวกัน อย่างไรก็ตามถ้าความยาว L มีค่ามากและเพลามีขนาดเล็ก การรักษาค่า Y นั้นกระทำได้ยาก

ในกรณีนี้ให้ใช้แม่แรงที่มีมาตราวัดแรงกดบนแม่แรงยกหน้าแปลนเพลาขึ้น จนกระทั่งแรงกดมีค่าประมาณ ๕๐ กิโลกรัม แล้วดำเนินการต่อไปเหมือนกับกรณีเพลามีแบริ่งรับเพลาเพียงตัวเดียว

ความยาวระหว่างหน้าแปลนเพลาถึงแบริ่งรับเพลาตัวหัวเรือสุด (หรือระยะ L ในรูปที่ ๑) มีไว้สำหรับให้ส่วนของเพลาที่ห้อยอยู่ (OVERHANG) มีความอ่อนตัว (FLEXIBILITY) เพียงพอ ค่าที่เหมาะสมของระยะ L จะขึ้นอยู่กับขนาดของเพลา d ตามตารางที่ ๑

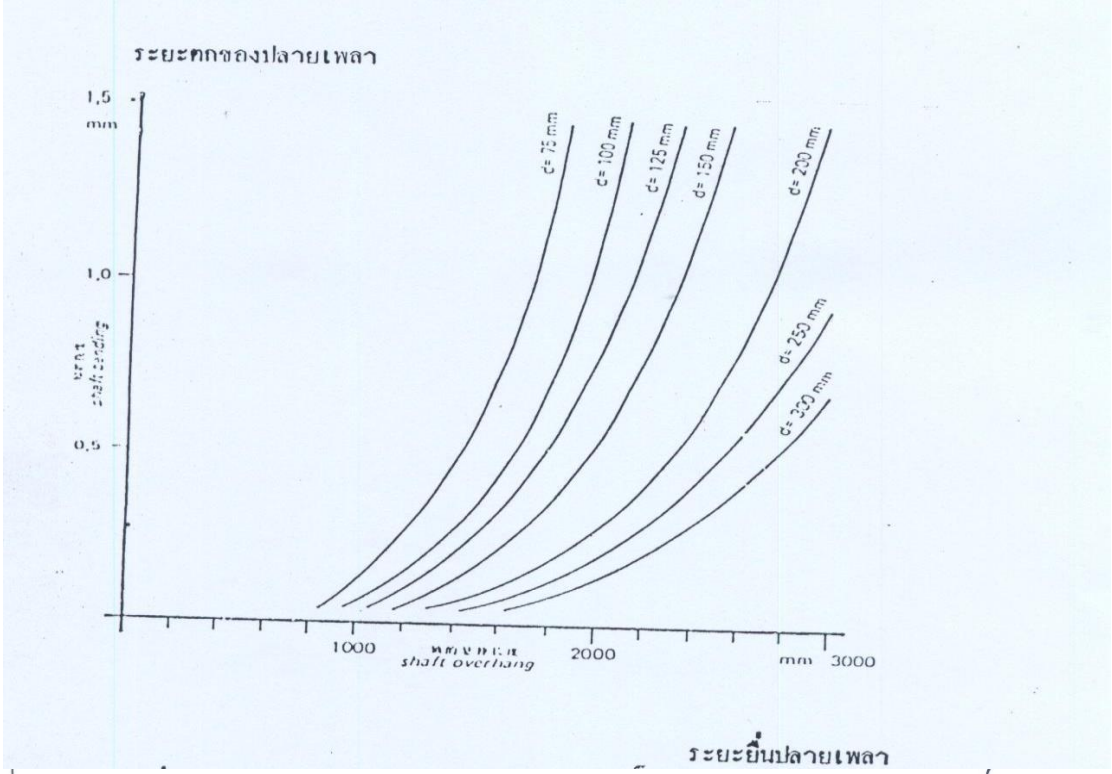


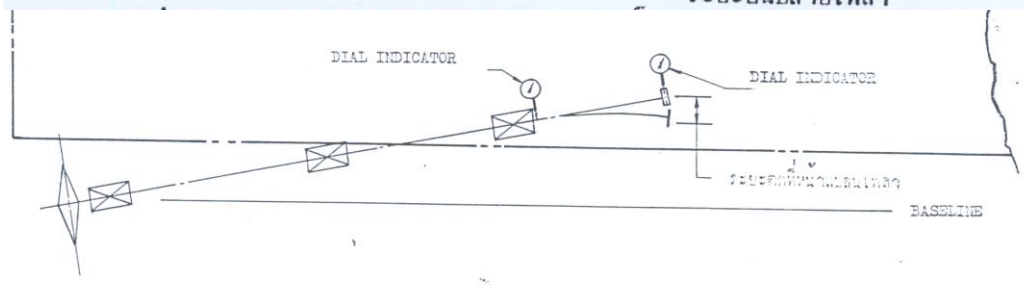
<u>รูปที่ ๓</u> การตั้งศูนย์เกียร์ของเรือที่มีแบริ่งรับเพลาสองตัว

๓. กรณีของเกียร์ของเครื่องจักรใหญ่มีขนาด MAXIMUM OUTPUT ตั้งแต่ ๑,๕๐๐ กิโลวัตต์ขึ้นไป และมีแบริ่งรับเพลาเพียงตัวเดียว การตั้งศูนย์เพลาที่ไม่เหมาะสมอาจจะทำให้แบริ่งของเกียร์เสื่อมสภาพเร็วกว่าที่ควร ดังนั้นจะต้องคำนวณหาค่าแรงกดบนแบริ่งทั้งแบริ่งรับเพลาและเกียร์ โดยการคำนวณอยู่ใน ภาคผนวก ก.

เนื่องจากในการติดตั้ง จะต้องใช้ที่รองรับชั่วคราวที่รับปลายเพลาในขั้นตอนการคำนวณจึงควรกำหนดตำแหน่งทั้งแนวระดับและแนวดิ่งของที่รองรับชั่วคราวไว้ในแบบการติดตั้งเพื่ออำนวยความสะดวกแก่โรงงานที่รับผิดชอบในการติดตั้ง และให้ข้อมูลไว้ว่า ถ้าติดตั้งเกียร์ในตำแหน่งที่ถูกต้องแล้ว ควรวัดระยะค่า GAP และ SAG ระหว่างหน้าแปลนเพลาและเกียร์ได้เท่าไร

๔. กรณีของเกียร์ของเครื่องจักรใหญ่มีขนาด MAXIMUM OUTPUT ตั้งแต่ ๑,๕๐๐ กิโลวัตต์ขึ้นไป และมีแบริ่งรับเพลาตั้งแต่ ๒ ตัวขึ้นไป ให้ตรวจระยะตกของหน้าแปลนตามรูปที่ ๔ ตามปกติแล้วสมารถประมาณระยะตกได้จากกราฟรูปที่ ๕ หรือคำนวณได้จากสูตรในรูปที่ ๖ ถ้าระยะตกมีค่ามากให้แก้ไขโดยการยกหน้าแปลนขึ้นจะกระทั่งจุดศูนย์กลางของหน้าแปลนเพลาอยู่บนเส้นตรงเดียวกับแนวแกนเพลา โดยวิธีในการตรวจสอบมีดังนี้



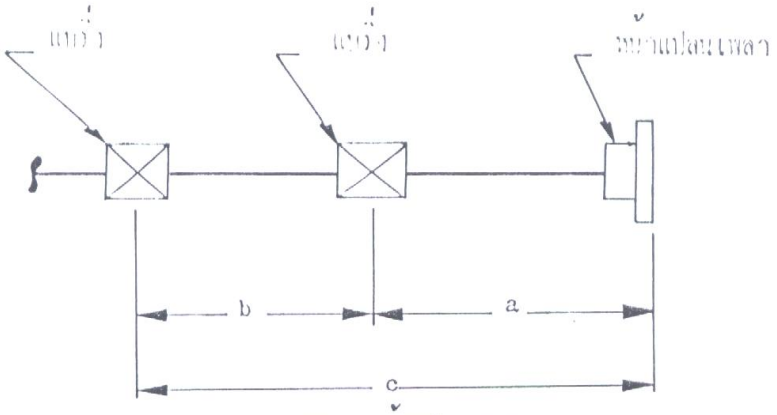


ใช้ตาชั่งแบบแขวนรับน้ำหนักเพลาด้านหน้าแปลนไว้ตามรูปที่ ๗ คำนวณน้ำหนักเพลาส่วนที่ตกแล้วหารด้วย ๒ จากนั้นยกเพลาขึ้นจะตาชั่งอ่านค่าได้เท่ากับที่คำนวณ หรือใช้ไดแอลอินดิเคเตอร์ ๒ ตัว ตามรูปที่ ๘ โดยวางตัวที่ ๑ ไว้ด้านบนในจุดที่ใกล้เพลามากที่สุด และวางอีกตัวหนึ่งไว้ด้านบนของหน้าแปลนเพลา จากนั้นยกเพลาขึ้นช้า ๆ จนไดแอลอินดิเคเตอร์ตัวแรกอ่านค่าได้ประมาณ ๐.๐๒๕ มม. ถึง ๐.๐๔ มม. จึงหยุดจากนั้นลดปลายเพลาลงจนไดแอลอินดิเคเตอร์ตัวที่ ๒ อ่านค่าได้ครึ่งหนึ่งของค่าที่อ่านได้ครั้งแรก

เลื่อนหน้าแปลนเกียร์เข้าหาเพลา โดยพยายามให้หน้าแปลนเกียร์สูงเท่ากับหน้าแปลนเพลาและให้หน้าแปลนทั้ง ๒ ขนานกัน

<u>รูปที่ ๔</u> ระยะตกของหน้าแปลน

<u>รูปที่ ๕</u> กราฟแสดงระยะตกของหน้าแปลน



Δ = ระยะตกของหน้าแปลนเพลา

$\frac{\Delta}{A} \leqslant .0003$

A = ความยาวเพลาทั้งท่อน

$$\Delta = \frac{W_L a (3a^3 + 4a^2 b - b^3)}{24EI} + \frac{Pa^2 (b + a)}{3EI}$$

W_L = การเฉลี่ยน้ำหนักต่อหน่วยความยาวของเพลา (กิโลกรัม/ซม.)

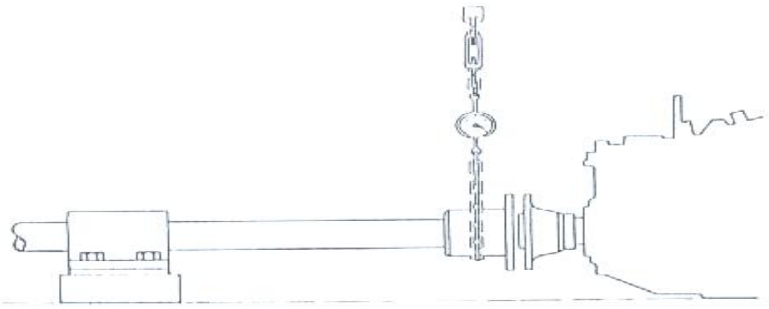
P = น้ำหนักของหน้าแปลน (กิโลกรัม)

I = Moment of Inertia ของรูปหน้าตัดเพลา ($ซม.^4$)

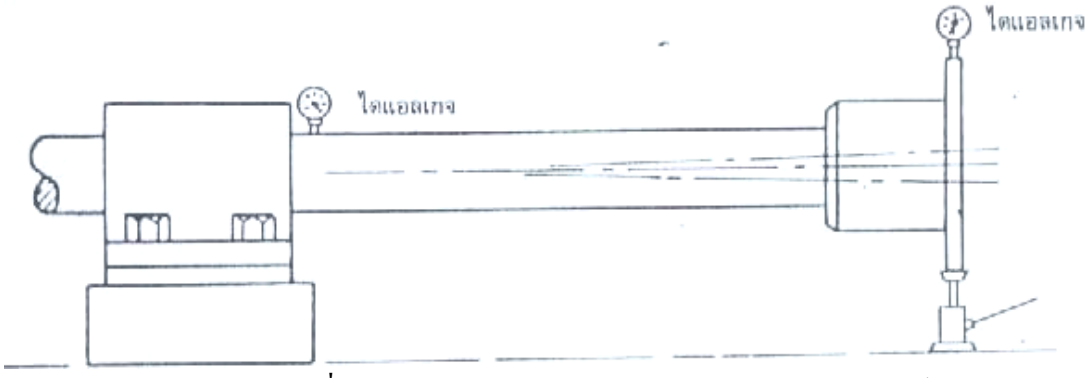
E = ค่า YOUNG MODULUS ของเพลา ($กิโลกรัม/ซม.^2$)

a, b และ c = ระยะทางตามรูป

<u>รูปที่ ๖</u> สูตรสำหรับคำนวณระยะตกของหน้าแปลน



<u>รูปที่ ๗</u> การใช้ตาชั่งยกปลายเพลาเพื่อแก้ระยะตก

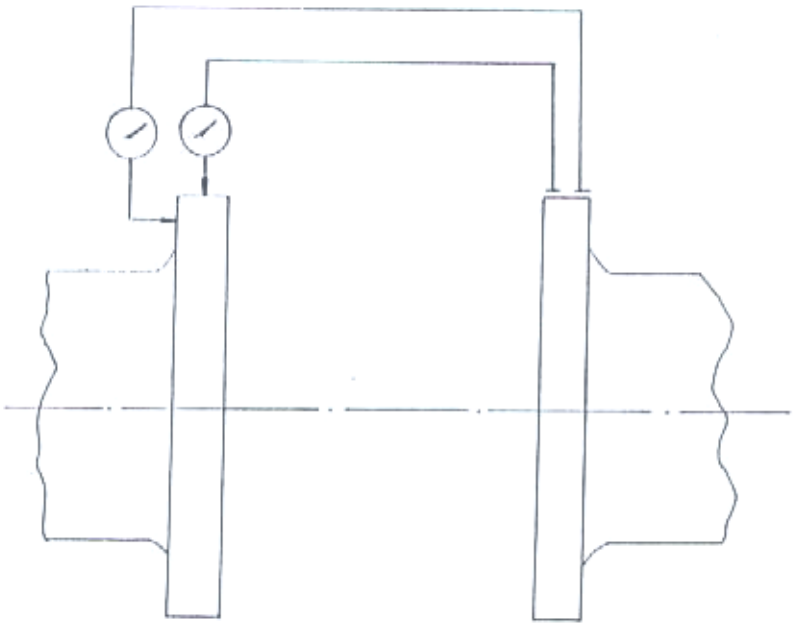


รูปที่ ๘ การแก้ระยะตกปลายเพลาด้วยไดแอลอินดิเคเตอร์

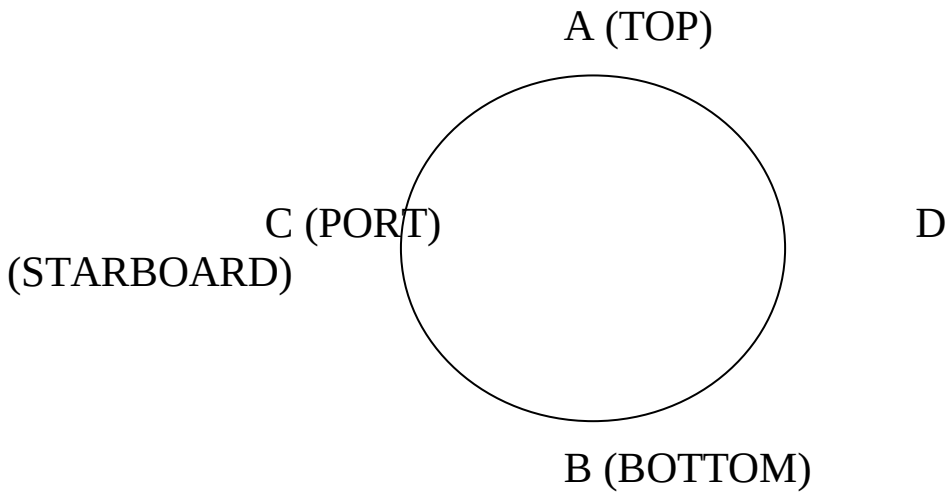
๕. กรณีของเกียร์ของเครื่องจักรใหญ่มีขนาด MAXIMUM OUTPUT ตั้งแต่ ๓,๐๐๐ กิโลวัตต์ขึ้นไป จะต้องคำนวณหาแรงกดบนแบริ่ง และความเค้นในเนื้อโลหะของเพลา ตามการคำนวณใน ภาคผนวก ก. โดยการคำนวณจะต้องกำหนดตำแหน่งสัมพัทธ์ระหว่างหน้าแปลนเกียร์และเพลาในรูป GAP และ SAG และต้องปรับตำแหน่งของเกียร์ด้วยเกลียวปรับแต่งระยะ จะกระทั่งค่าทั้ง ๒ มีค่าใกล้เคียงกับค่าที่กำหนด

๖. เกียร์ขนาดใหญ่ที่มีแบริ่งรับเพลาของเกียร์มีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นนั้น จะต้องนำค่าการขยับตัวดังกล่าวมาแก้ในทิศทางตรงกันข้ามในขณะที่ตั้งศูนย์ด้วย เพื่อให้ค่าของศูนย์ไม่เปลี่ยนแปลงในขณะใช้งาน

๗. หาตำแหน่งของเกียร์โดยใช้หน้าแปลนเพลาเป็นจุดอ้างอิงสามารถตรวจสอบได้ด้วยการวัดค่า GAP และ SAG ระหว่างหน้าแปลนทั้งสอง โดยใช้ไดแอลอินดิเคเตอร์ ตามรูปที่ ๙ และต้องวัดค่าทั้ง ๒ ทุก ๆ ๙๐ องศาของหน้าแปลน ตามรูปที่ ๑๐



รูปที่ ๙ การวัดระยะ GAP และ SAG ด้วยไดแอลอินดิเคเตอร์ ๒ ตัว



รูปที่ ๑๐ การบันทึกค่า GAP หรือ SAG ที่ทุก ๆ ๙๐ องศา

๗.๑ การตรวจสอบค่า SAG

ทางดิ่ง

พิจารณาตัวเลขผลต่างระหว่างจุด A และ B โดยครึ่งหนึ่งของตัวเลขผลต่างดังกล่าว จะต้องต่างจากค่า SAG ของหน้าแปลนจากการคำนวณไม่เกินกว่า ๐.๑๓ มม.

ทางข้าง

ครึ่งหนึ่งของผลต่างระหว่างจุด C และ Dและระยะเผื่อของแบริ่งเกียร์ขยายตัวทางข้างเมื่อร้อน ต้องมีค่าต่างกันไม่เกิน ๐.๑๓ มม.

๗.๒ การตรวจสอบค่า GAP

ทางดิ่ง

หาผลต่างระหว่างจุด A และ B แล้นำไปเปรียบเทียบกับค่า GAP จากการคำนวณค่าทั้งสองต้องต่างกันไม่เกิน ๐.๑๓ มม. ต่อ ๑ มม. ของเส้นผ่านศูนย์กลางของหน้าแปลน

ทางข้าง

หาผลต่างระหว่างจุด C และ D ต้องไม่เกิน ๐.๑๓ มม. ต่อ ๑ มม. ของเส้นผ่านศูนย์กลางของหน้าแปลน

๘. ในระหว่างติดตั้งเกียร์เมื่อกวดสลักเข้ากับแท่นแล้วให้ตรวจสอบค่า SAG และ GAP ว่ายังอยู่ในเกณฑ์หรือไม่

๙. เลื่อนเพลาไปข้างหน้าจนกระทั่งหน้าแปลนเพลาชนกับหน้าแปลนเกียร์ เพื่อกวดสลักยึดหน้าแปลนทั้งสองเข้าด้วยกัน โดยการกวดจะต้องใช้แรงบิดตามที่ระบุจากบริษัทผู้กำหนด

๑๐. เจ้าหน้าที่ของกองควบคุมคุณภาพดำเนินการตรวจสอบค่า SAG และ GAP

บทที่ ๔
การหาศูนย์เครื่องจักรใหญ่

การหาศูนย์เครื่องจักรใหญ่

การหาศูนย์เครื่องจักรใหญ่สามารถกระทำได้โดยเลื่อนเครื่องจักรใหญ่เข้าหาเกียร์ โดยใช้หน้าแปลน INPUT SHAFT ของเกียร์เป็นจุดอ้างอิง โดยสภาพเครื่องยนต์จะต้องไม่เติมน้ำจืดและน้ำมันหล่อเข้าในระบบ (เรียกว่า DRY ENGINE) แล้วให้น้ำหนักเครื่องจักรทั้งเครื่องรับไว้ด้วยเกลียวแต่งระยะ (ADJUSTING SCREW) ส่วนการแต่งตำแหน่งทางราบ ให้ใช้ TRUST SCREW ในลักษณะเดียวกันกับการตั้งศูนย์เกียร์

๑. ตัวเลขในการหาศูนย์

๑.๑ กรณีที่เครื่องยนต์ต่อกับเกียร์โดยใช้ FLEXIBEL COUPLING และเครื่องยนต์รองรับด้วย SHOCKMOUNT ส่วนเกียร์วางบนแทนโดยตรง โดยไม่ใช้ SHOCKMOUNT ให้ปฏิบัติดังนี้

- จุดศูนย์กลางของหน้าแปลนเครื่องยนต์ต้องสูงกว่าหน้าแปลนของเกียร์เท่ากับระยะ " h " เพื่อให้เครื่องยนต์ซึ่งรองรับด้วย SHOCKMOUNT ทรุดตัวลงมาเท่ากับเกียร์เมื่อเติมน้ำจืดและน้ำมันหล่อ โดยค่า h สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$h = \frac{\text{นน.น้ำจืด + นน.น้ำมันหล่อ}}{\text{ค่า STIFFNESS รวมของ SHOCKMOUNT ทั้งหมด}}$$

- หน้าแปลนของเกียร์และเครื่องยนต์ต้องขนานกัน
- ระยะห่างระหว่างหน้าแปลนทั้งสองเท่ากับความยาวของ COUPLING + COUPLING TOLERANCE (อัตราผิดที่ยอมรับได้สำหรับติดตั้ง FLEXIBEL COUPLING)
- การตรวจสอบศูนย์ คงใช้เทคนิคเดียวกับการติดตั้งศูนย์เกียร์

<u>หมายเหตุ</u>

๑. ค่า h ขึ้นอยู่กับขนาดของเครื่องยนต์ ผู้ติดตั้งจะต้องขอข้อมูลจากบริษัทผู้ผลิตเครื่องจักร โดยปกติจะมีค่าอยู่ระหว่าง ๐.๕ – ๐.๗ มม.

๒. อัตราผิดทางสูง – ต่ำที่ยอมรับได้นั้น ผู้ติดตั้งต้องได้รับข้อมูลจากบริษัทผู้ผลิตปกติจะมีค่าระหว่าง ๐.๑ – ๐.๒ มม.

๓. อัตราผิดทางขนานที่ยอมรับได้ ผู้ติดตั้งจะต้องขอข้อมูลจากบริษัทผู้ผลิตเครื่องจักร โดยปกติจะมีค่าอยู่ระหว่าง ๐.๐๒ – ๐.๐๗ มม. ต่อทุก ๑๐๐ มม. ของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหน้าแปลน

๑.๒ กรณีที่เกียร์เป็นชนิด FLANGE ON เข้ากับเครื่องจักร ซึ่งวางอยู่บนรางอันเดียวกันและมี SHOCKMOUNT รับน้ำหนักใต้ราง การหาศูนย์จะต้องปฏิบัติดังนี้

- เกียร์ต้องไม่มีน้ำมันไฮดรอลิกส์
- ต้องตั้งศูนย์ให้จุดศูนย์กลางของหน้าแปลนเกียร์สูงกว่าจุดศูนย์กลางของหน้าแปลนเพลาเท่ากับค่า " h " โดยที่

$$h = \frac{\text{นน.น้ำจืดในเครื่องยนต์ + นน.น้ำมันหล่อในเครื่องยนต์ + นน.น้ำมันไฮดรอลิกในเกียร์}}{\text{ค่า STIFFNESS รวมของ SHOCKMOUNT ทั้งหมด}}$$

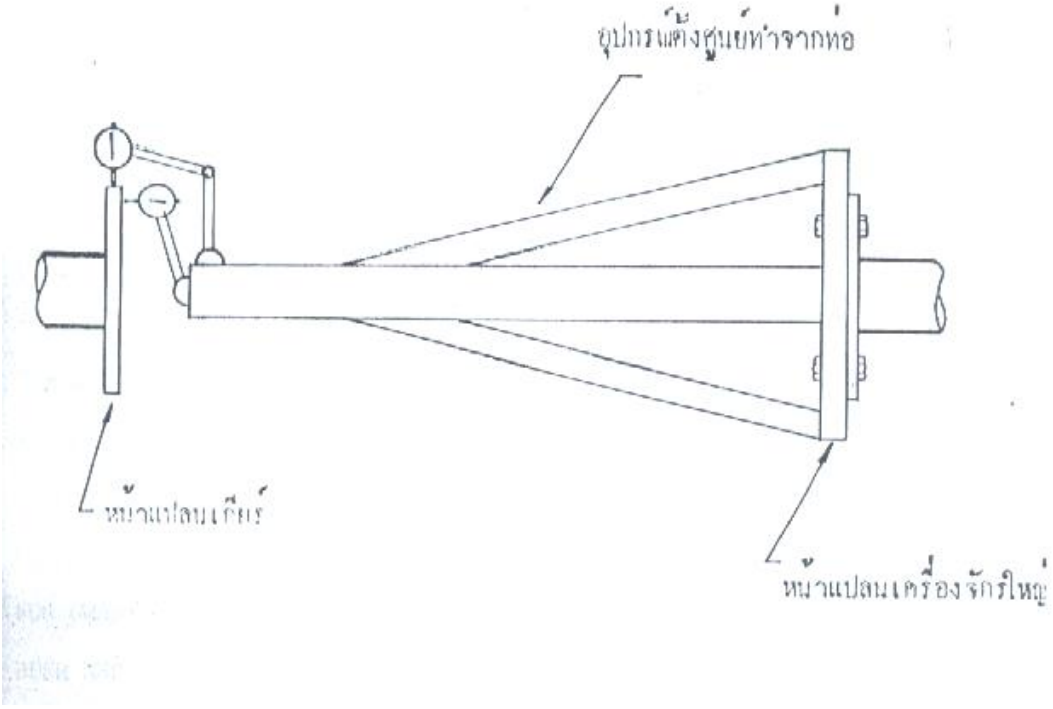
- ค่าอัตราผิดทางสูง – ต่ำ และอัตราผิดทางขนานที่ยอมรับได้ระหว่างหน้าแปลนเครื่องจักรและเกียร์ ถ้าไม่สามารถหาข้อมูลจากบริษัทผู้ผลิตได้ให้ใช้ตัวเลขเดียวกับกรณีที่ ๑.๑

๑.๓ กรณีเครื่องแยกจากเกียร์ต่อกันด้วย FLEXIBEL COUPLING ทั้งเครื่องยนต์และเกียร์วางกับแท่นโดยไม่ใช้ SHOCKMOUNT จะต้องปฏิบัติดังนี้

- ระยะ h = ๐
- ต้องได้รับข้อมูลจากบริษัทผู้ผลิตเกี่ยวกับค่าอัตราผิดทางสูง – ต่ำ และอัตราผิดทางขนานที่ยอมรับได้ ถ้าไม่มีข้อมูลให้ใช้ตัวเลขเช่นเดียวกับกรณีที่ ๑.๑

๒. การตรวจสอบตัวเลขการตั้งศูนย์

การตรวจสอบศูนย์นั้นกระทำเช่นเดียวกับกรณีการตรวจสอบศูนย์ของการตั้งศูนย์เกียร์ คือ ใช้ ไดแอลอินดิเคเตอร์ จำนวน ๒ เครื่อง แต่เนื่องจากหน้าแปลนเกียร์และเครื่องยนต์อยู่ห่างกันพอสมควรจึงจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์พิเศษสำหรับติดตั้ง ไดแอลอินดิเคเตอร์ ตามที่แสดงในรูปที่ ๑๑



<u>รูปที่ ๑๑</u> การตรวจศูนย์ระหว่างเครื่องจักรใหญ่และเกียร์

๓. การยุบตัวของ SHOCKMOUNT

เมื่อเติมน้ำจืดและน้ำมันหล่อเข้าในระบบของเครื่องจักรใหญ่และเติมน้ำมันไฮดรอลิกเข้ากับระบบของเกียร์ SHOCKMOUNT จะต้องหดตัวจนทำให้ค่า h เท่ากับศูนย์ ก่อนติดตั้ง FLEXIBEL COUPLING ควรตรวจสอบตัวเลขค่า GAP และค่า SAG อีกครั้งหนึ่ง หากยังมีอัตราผิดอยู่จะต้องทำการแก้ไขให้มีค่าที่อยู่ในเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้ก่อน ซึ่งโดยปกติควรได้ค่าน้อยกว่าอัตราผิดที่ยอมรับได้ของ อ FLEXIBEL COUPLING

๔. การตรวจสอบศูนย์เพลาใบจักรด้วยเทคนิคพิเศษ

ในบางโอกาสและสำหรับเรือบางลำ อาจจะตรวจสอบศูนย์เพลาใบจักรได้โดยไม่ต้องชักเพลาทั้งนี้จะต้องใช้เทคนิคพิเศษ เช่น การวัดโมเมนต์ดัดด้วย STRAIN GAGE และ/หรือ การวัดแรงกดบนแบริ่งด้วยแม่แรงที่มีมาตรบอกแรงกด เป็นต้น

บทที่ ๕
การตั้งศูนย์เพลาสำหรับกรณีเรือที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว

การตั้งศูนย์เพลาสำหรับกรณีเรือที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว

เรือที่เกิดความเสียหายกับส่วนใดส่วนหนึ่งของระบบเพลาจนต้องชักเพลาออกเพื่อทำการซ่อมทำ โดยมิต้องถอดเกียร์และเครื่องจักรใหญ่ จะมีขั้นตอนในการทดสอบหาศูนย์เพลา ดังนี้

๑. ขอข้อมูลการตั้งศูนย์เพลาใบจักรจากคู่มืออู่ที่ปฏิบัติงานครั้งล่าสุด เพื่อใช้เป็นตัวเลขอ้างอิงในการปฏิบัติงาน

๒. นำของเหลวออกจากถังต่าง ๆ ของเรือ ขนวัตถุและเครื่องใช้ต่าง ๆ ขึ้นจากเรือ เพื่อทำให้สภาวะการบรรทุกหรือภาระของเรือเหมือนกับสภาพเรือต่อใหม่ที่กำลังเตรียมการตั้งศูนย์เกียร์

๓. ปลดสลักยึดหน้าแปลนเกียร์และหน้าแปลนเพลาออกจากกัน ใช้ไดแอลอินดิเคเตอร์วัดระยะ GAP และ SAG ในลักษณะเดียวกับเมื่อตั้งศูนย์เกียร์ ตามรูปที่ ๙ และ ๑๐ แล้วบันทึกตัวเลขทั้งหมดไว้

๔. นำเรือนั่งหมอนในอู่แห้ง แล้ววัดตัวเลขระยะ GAP และ SAG อีกครั้งหนึ่ง นำไปเปรียบเทียบกับขณะเมื่อเรือลอยอยู่ในน้ำตามข้อ ๓ แล้วทำการบันทึกการเปลี่ยนแปลง โดยนำตัวเลขทั้ง ๒ มาลบกัน (นำค่าจากข้อ ๓ ตั้งลบด้วยค่าจากข้อ ๔)

๕. นำตัวเลขการเปลี่ยนแปลงไปหักออกหรือบวกเข้ากับข้อมูลการตั้งศูนย์เพลาครั้งล่าสุดที่ได้มาจากข้อ ๑ แล้วแต่กรณีเพื่อใช้ผลลัพธ์จากการคำนวณนี้เป็นตัวเลขเป้าหมายในการตั้งศูนย์เพลา

๖. นำโยงโย่ติดตั้งกับเรือชั่วคราวหรือใช้ JIG ประคองไว้ สอดเพลาเข้าที่พร้อมกัน ติดหน้าแปลนปรับตำแหน่งของโยงโย่จนกระทั่งค่าระยะ GAP และ SAG ระหว่างหน้าแปลนเพลาและเกียร์มีค่าเท่ากับตัวเลขในข้อ ๕ แล้วจึงตรึงเพลาอยู่กับที่

๗. ติดตั้งโยงโย่ให้ติดกับตัวเรืออย่างถาวร โดยระวังไม่ให้หน้าแปลนเพลาขยับจากที่เดิม

๘. นำเรือลงลอยในน้ำ หลังจากรอเวลาประมาณ ๓ วัน ให้ตรวจสอบค่าระยะ GAP และ SAG ระหว่างหน้าแปลนเพลาและเกียร์อีกครั้งหนึ่ง ตัวเลขที่ได้ควรมีค่าใกล้เคียงกับตัวเลขการตั้งศูนย์เพลาครั้งล่าสุดที่ได้ข้อมูลมาจากข้อ ๑

๙. ในกรณีที่ไม่สามารถจัดหาตัวเลขการตั้งศูนย์เพลาครั้งล่าสุดได้ ให้ดำเนินการใช้เกณฑ์ที่กล่าวถึงในการตั้งศูนย์เกียร์ แต่ต้องนำค่าเปลี่ยนแปลงระหว่างสภาพเรือลอยน้ำและเรือนั่งหมอนมาคำนวณรวมด้วย

๑๐. เจ้าหน้าที่จากกองควบคุมคุณภาพดำเนินการตรวจสอบค่าระยะ GAP และ SAG ร่วมกับเจ้าหน้าที่กองโรงงานเครื่องกล

ผนวก ก.
การคำนวณสำหรับการตั้งศูนย์เพลา

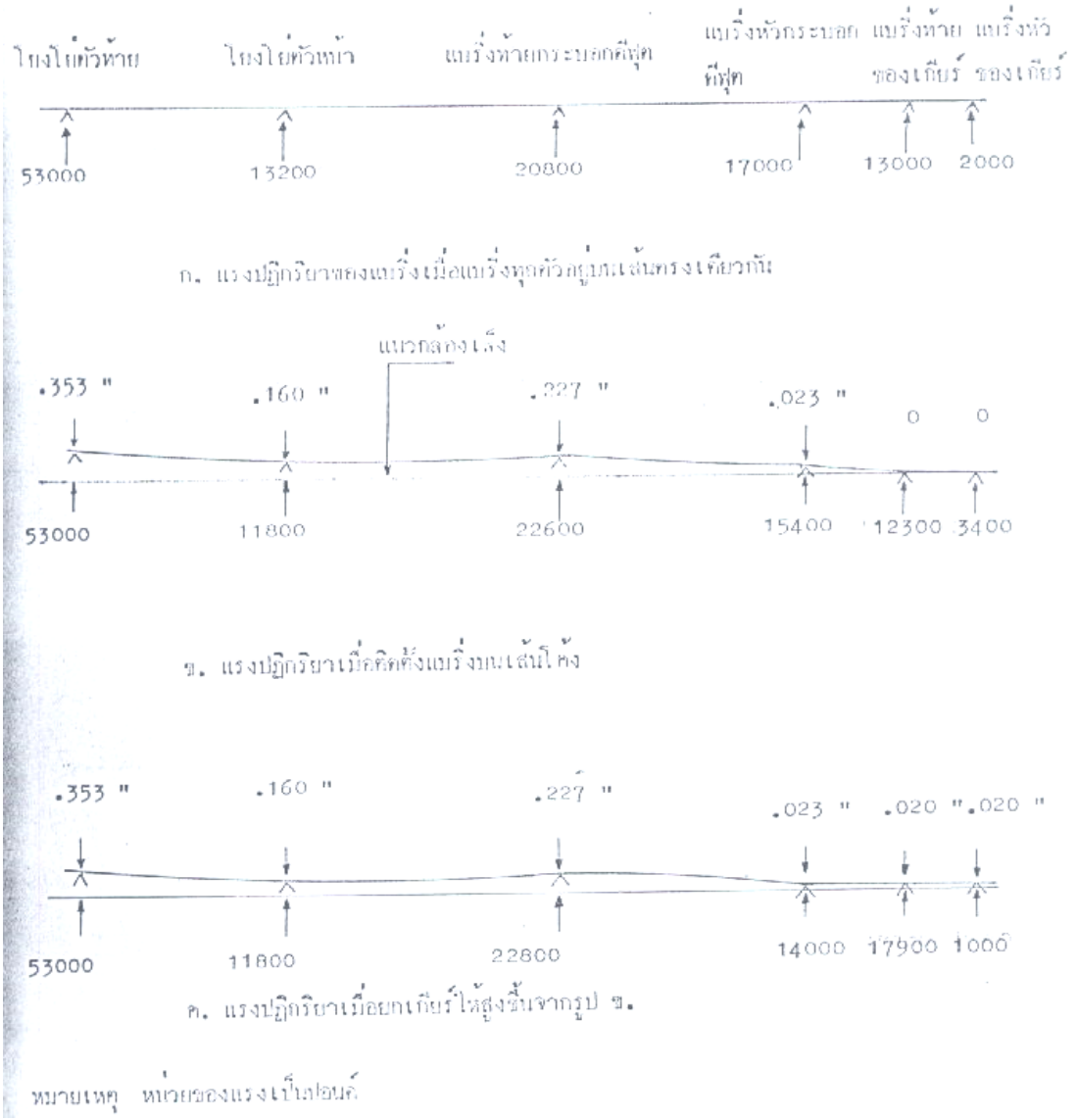
๑. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของเพลา

จุดประสงค์ของการคำนวณเบื้องต้น คือ ต้องการทราบแรงปฏิกิริยาของแบริ่งและความเค้นที่เกิดขึ้นภายในเพลา โดยในการคำนวณจะถือว่าเพลาเป็นคานซึ่งมีหน้าตัดเป็นวงกลม และมีน้ำหนักของตัวมันเองเป็นภาระ (Load) ส่วนน้ำหนักของใบจักรและน้ำหนักของเฟืองจะคิดว่าเป็นภาระที่กระทำเป็นจุด (Concentrated Load) คานที่เป็นแบบจำลองนี้จะวางอยู่บนกึ่งกลางของแบริ่งทุกตัว

๒. การคำนวณ

ขั้นตอนในการคำนวณจะต้องหาค่าแรงปฏิกิริยาของแบริ่งเสียก่อน หลังจากนั้นจึงจะสามารถคำนวณค่าความเค้นที่เกิดในคานได้จากค่าโมเมนต์ดัด (BENDING MOMENT)

ขั้นแรกควรคำนวณผลตรวจสอบว่าควรจะมีแบริ่งรองรับเพลาจำนวนเท่าไร และวางอยู่ที่ใดบ้างบนเส้นตรงเดียวกัน ขั้นต่อไปทำการตรวจสอบดูว่าหากปรับสภาพแบริ่งให้อยู่เป็นเส้นโค้งจะทำให้สภาวะดีกว่าแบริ่งที่อยู่ในสภาพเป็นเส้นตรงหรือไม่ โดยความแตกต่างระหว่างศูนย์เพลาแบบเส้นตรงและแบบเส้นโค้ง แสดงไว้ในรูป ก – ๑



<u>รูป ก-๑</u> อิทธิพลของตำแหน่งแบริ่งต่อค่าของแรงปฏิกิริยา

๓. ค่า GAP และค่า SAG

การคำนวณด้วย BEAM THEORY นอกจากจะได้ค่าแรงปฏิกิริยาของแบริ่งแล้ว ยังได้เส้นโค้งการแอ่นตัวของเพลาหรือ DEFLECTION CURVE ซึ่งจะนำไปใช้ในการวัดค่า GAP และค่า SAG ได้อีกด้วย

ในรูป ก – ๒ มีแบริ่งในเพลาทั้งหมด ๔ ตัว ดังนี้คือ โยงโย่ตัวหน้าและตัวท้าย ใน SHAFT TUNNEL และแบริ่งหัวท้ายของ GEARBOX ผลการคำนวณเพื่อตรวจสอบแรงปฏิกิริยาของแบริ่งเมื่อแบริ่งทุกตัวอยู่บนเส้นตรงพบว่าแบริ่งตัวท้ายของเกียร์มีภาระสูงมาก ในขณะเดียวกันแบริ่งตัวหัวของเกียร์อยู่ในสภาวะ UNLOAD เมื่อทำการทดลองยกแบริ่งหัวของเกียร์ให้สูงกว่าแนวเดิม ๐.๖๒ มม. พบว่า ภาระของแบริ่งทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกันและสภาพ UNLOAD หายไป ดังนั้นทางวิศวกรผู้ออกแบบจึงตัดสินใจใช้ศูนย์เพลานี้

เนื่องจากระยะห่างของแบริ่งใน SHAFT TUNNEL และหน้าแปลนเพลามีระยะยาวมาก การตั้งศูนย์เพลาจึงต้องมีการใส่แบริ่งชั่วคราวเพื่อประคองเพลา เรียกว่า SHAFT CRUTCH เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดระยะตกของปลายเพลา เมื่อทำการติดตั้ง SHAFT CRUTCH เรียบร้อยแล้วพบว่าปลายของเพลาอยู่สูงกว่าแนวแกนเพลา ๐.๑๓๔ มม. และเอียงเป็นมุม ๑๒๘.๕ x ๑๐$^{-๖}$ RADIAN ในขณะที่เมื่อแบริ่งตัวท้ายของเกียร์อยู่บนแนวแกนเพลา และแบริ่งตัวหัวอยู่สูงกว่าแกน ๐.๖๒ มม. นั้นหน้าแปลนเกียร์จะอยู่ต่ำกว่าแนวแกนเพลา ๐.๒๘๕ มม. และมี SLOPE ๕๒๐.๖ x ๑๐$^{-๖}$ (จากรูป ก – ๒)

$$a = \frac{๐.๑๓๘}{๒} + \frac{๓๑๕}{๒\pi} \cos(๑๒๘.๕ \times ๑๐^{-๖} \times ๓๖๐) = ๑๕๗.๖๔ \text{ มม.}$$

$$b = \frac{๓๑๕}{๒} \cos\frac{(๕๒๐.๖ \times ๑๐^{-๖} \times ๓๖๐)}{๒\pi} - ๐.๒๘๕ = ๑๕๗.๒๑ \text{ มม.}$$

ดังนั้น ระยะ SAG ระหว่างหน้าแปลนทั้งสองคือ a – b ซึ่งมีค่าเท่ากับ ๑๕๗.๖๔ - ๑๕๗.๒๑ = ๐.๔๓ มม.

ระยะ GAP ด้านบน = x + c - y ; c = ระยะทางระหว่างจุดศูนย์กลางของหน้าแปลนทั้งสอง

$$x = \frac{๓๑๕}{๒} \cos\frac{(๑๒๘.๕ \times ๑๐^{-๖} \times ๓๖๐)}{๒\pi} = ๐.๐๒ \text{ มม.}$$

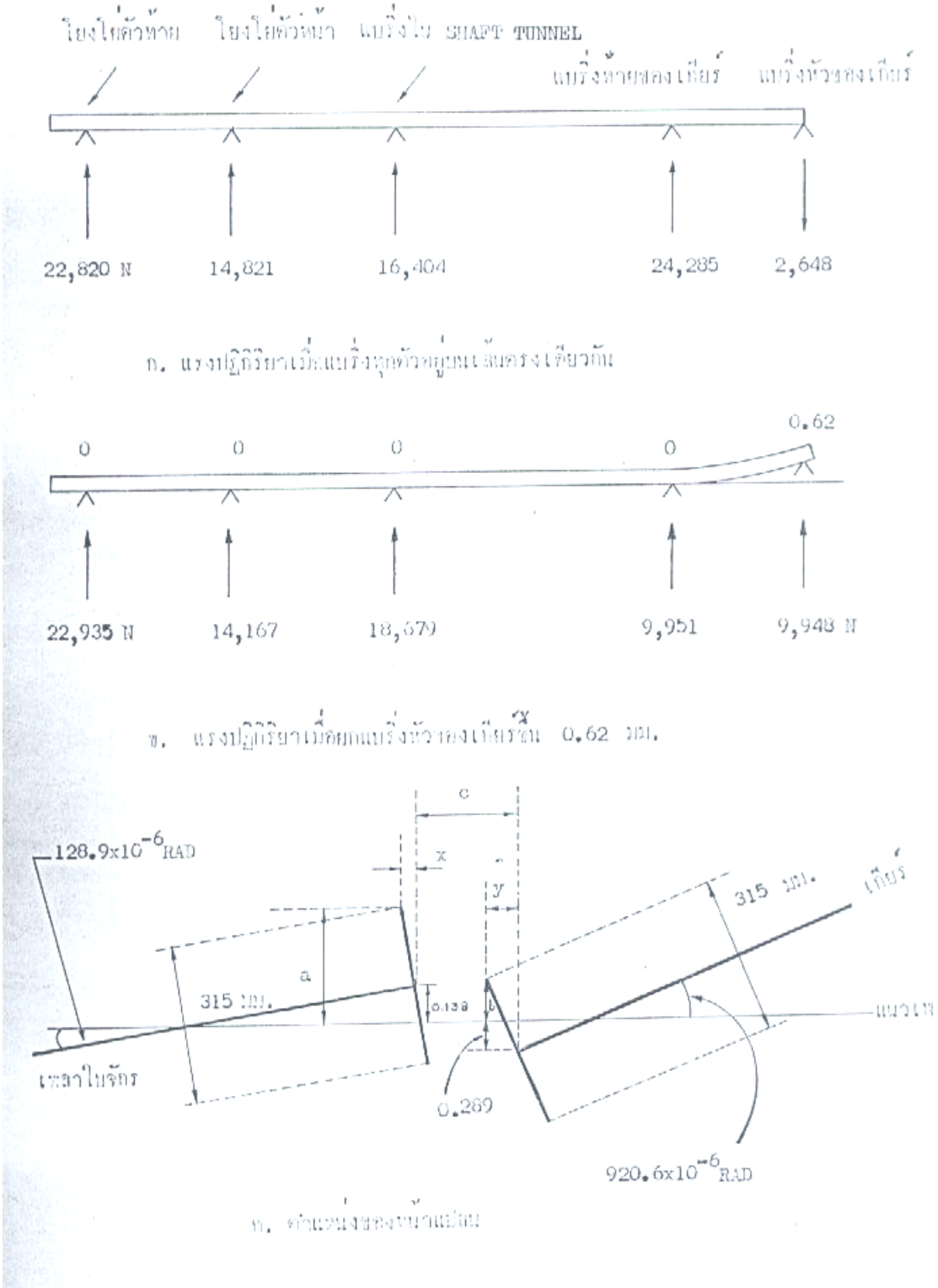
$$y = \frac{๓๑๕}{๒} \cos\frac{(๕๒๐.๖ \times ๑๐^{-๖} \times ๓๖๐)}{๒\pi} = ๐.๑๔๕ \text{ มม.}$$

ดังนั้นระยะ GAP ด้านบน = c + ๐.๐๒ - ๐.๑๔๕ = c – ๐.๑๒๕ มม.

ระยะ GAP ด้านล่าง = c – x + y = c – ๐.๐๒ + ๐.๑๔๕ = c + ๐.๑๒๕ มม.

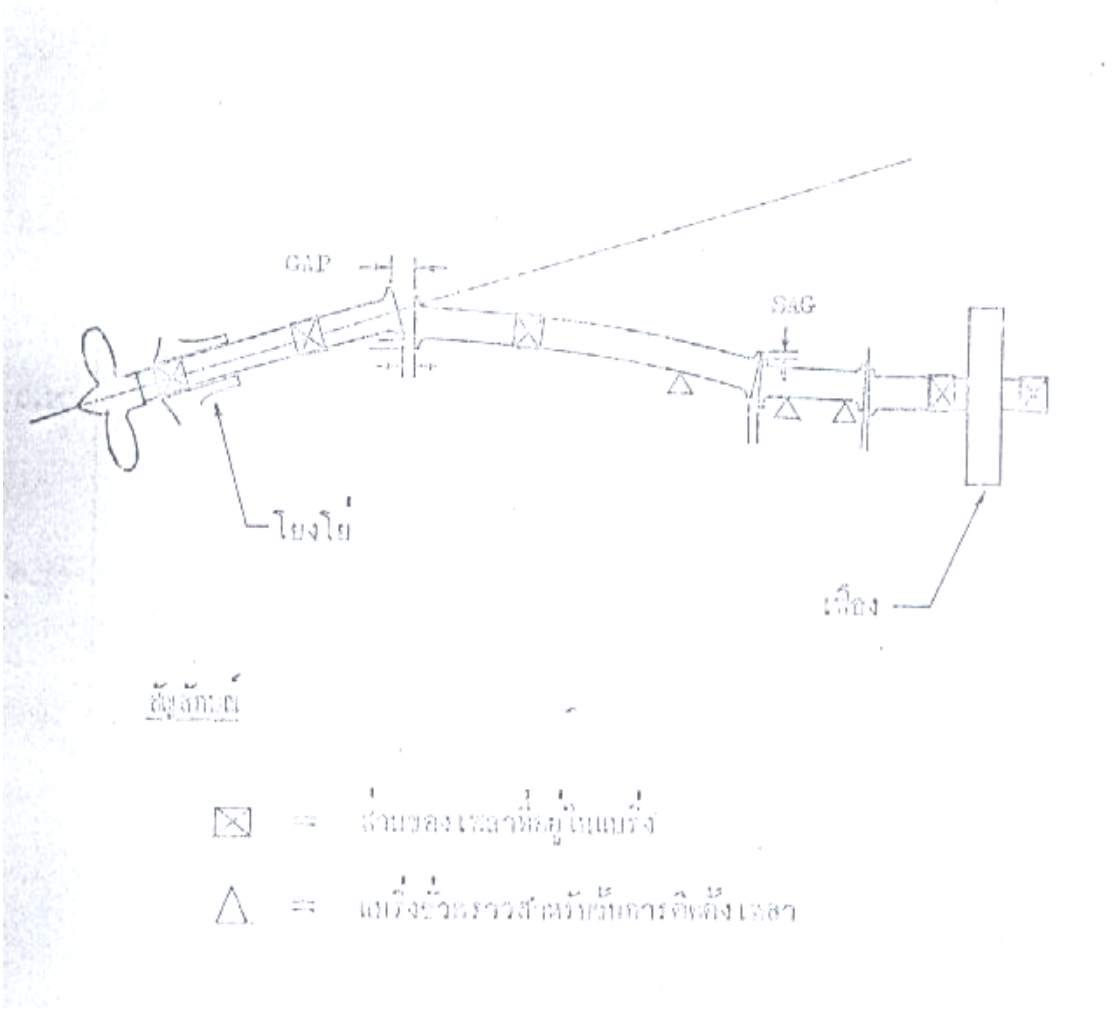
ผลต่างระหว่าง GAP ด้านบนและ GAP ด้านล่าง = c – ๐.๑๒๕ - (c + ๐.๑๒๕) = ๐.๒๕ มม.

จากการคำนวณดังกล่าวพบว่า ทั้งระยะค่า GAP และค่า SAG อยู่ในอัตราผิดที่ยอมรับได้



<u>รูป ก-๒</u>

สำหรับเรือที่มีเพลาใบจักรมากกว่าหนึ่งท่อน สามารถใช้เทคนิคนี้วัดระยะค่า GAP และค่า SAG เพื่อตรวจสอบตำแหน่งของแบริ่งได้ โดยการปลดสลักร้อยหน้าแปลนออก แล้ววัดค่า GAP และค่า SAG ตามรูปที่ ก – ๓

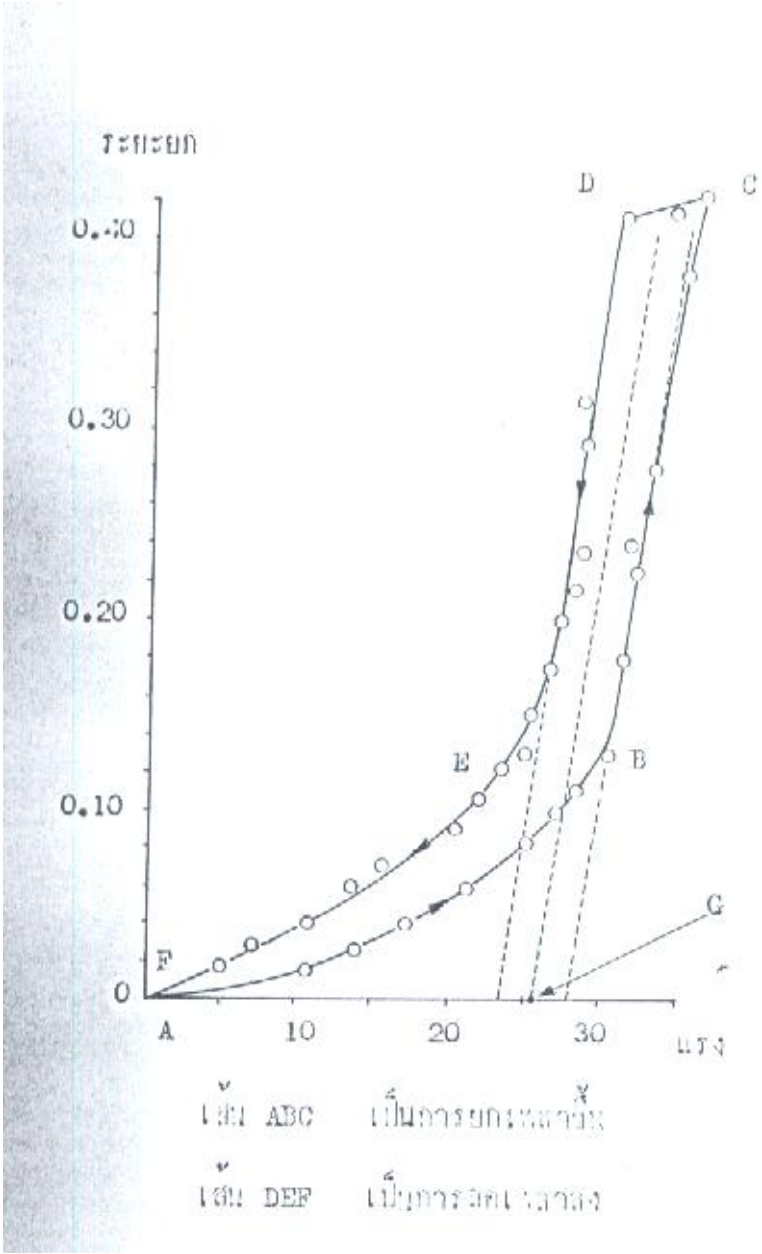


<u>รูป ก-๓</u> การตรวจสอบศูนย์ด้วย GAP และ SAG

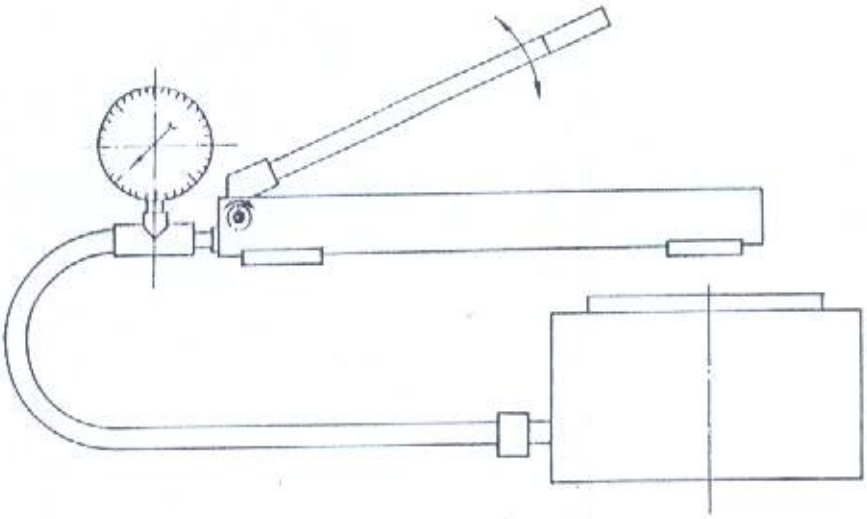
๔. การตรวจสอบศูนย์เพลาด้วยการวัดแรงปฏิกิริยาของแบริ่ง

๔.๑ การวัดแรงปฏิกิริยาของแบริ่ง เป็นวิธีตรวจสอบตำแหน่งของแบริ่ง โดยใช้แม่แรงยกเพลาให้พ้นจากแบริ่ง นำค่าแรงกดบนแม่แรงไปเทียบกับแรงปฏิกิริยาที่คำนวณได้ตามข้อ ๓ ถ้าตัวเลขทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกัน แสดงว่าแบริ่งตัวนั้นอยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้องแล้ว

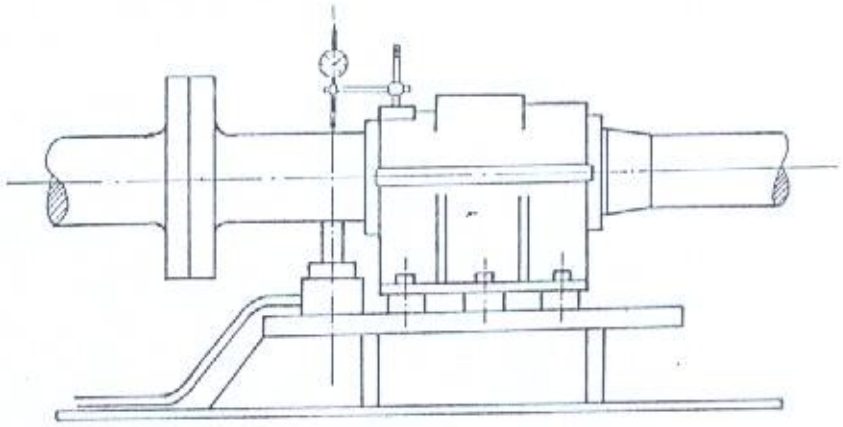
๔.๒ การวัดค่าของแรงปฏิกิริยาให้นำแม่แรงว่าใต้เพลาให้ชิดกับแบริ่งตัวที่จะวัดให้มากที่สุด แล้วนำไดแอลอินดิเคเตอร์มาติดตั้งเพื่อวัดระยะที่เพลายกตัวขึ้น ตามรูป ก – ๕ นำค่าแรงกดจากแม่แรงและระยะยกจากไดแอลอินดิเคเตอร์ มาพลอตในขณะยกเพลาขึ้นและลง จะได้กราฟในลักษณะรูป ก – ๔ ลากเส้นตรงให้ขนานกับ BC และ DE จากนั้นแบ่งระยะครึ่งหนึ่งของระยะระหว่างเส้นทั้งสองตัดกับแกนระดับที่จุด G โดย จุด G คือ ค่าแรงปฏิกิริยาของแบริ่งที่กำลังตรวจสอบ



<u>รูป ก-๔</u> การวัดแรงปฏิกิริยาของแบริ่ง



๑. แม่แรงไฮดรอลิกมีมาตรวัดแรงยก



๒. การติดตั้งแม่แรงและไดแอลกันดิเคเตอร์

รูป ก-๕

๕. การตรวจสอบศูนย์เพลาโดยวัดโมเมนต์ดัด

การวัดโมเมนต์ดัด จะได้ข้อมูล ๒ ประการคือ

๑. สามารถคำนวณหาค่าความเค้นที่สูงสุดในเพลาได้

๒. สามารถคำนวณค่าแรงปฏิกิริยาของแบริ่งซึ่งเมื่อเทียบกับค่าที่คำนวณได้จากข้อ ๔ เพื่อพิสูจน์ว่าอยู่ในตำแหน่งเพลาที่ต้องการหรือไม่

การวัดโมเมนต์ดัดจะใช้เครื่องมือ STRAIN GAUGE และนำค่ามาคำนวณโดยใช้สูตร

$$\pi = \frac{Mc}{IE} = \varepsilon E$$

โดย π = ความเค้นในเพลา

ε = ค่า STRAIN จาก STRAIN GAUGE

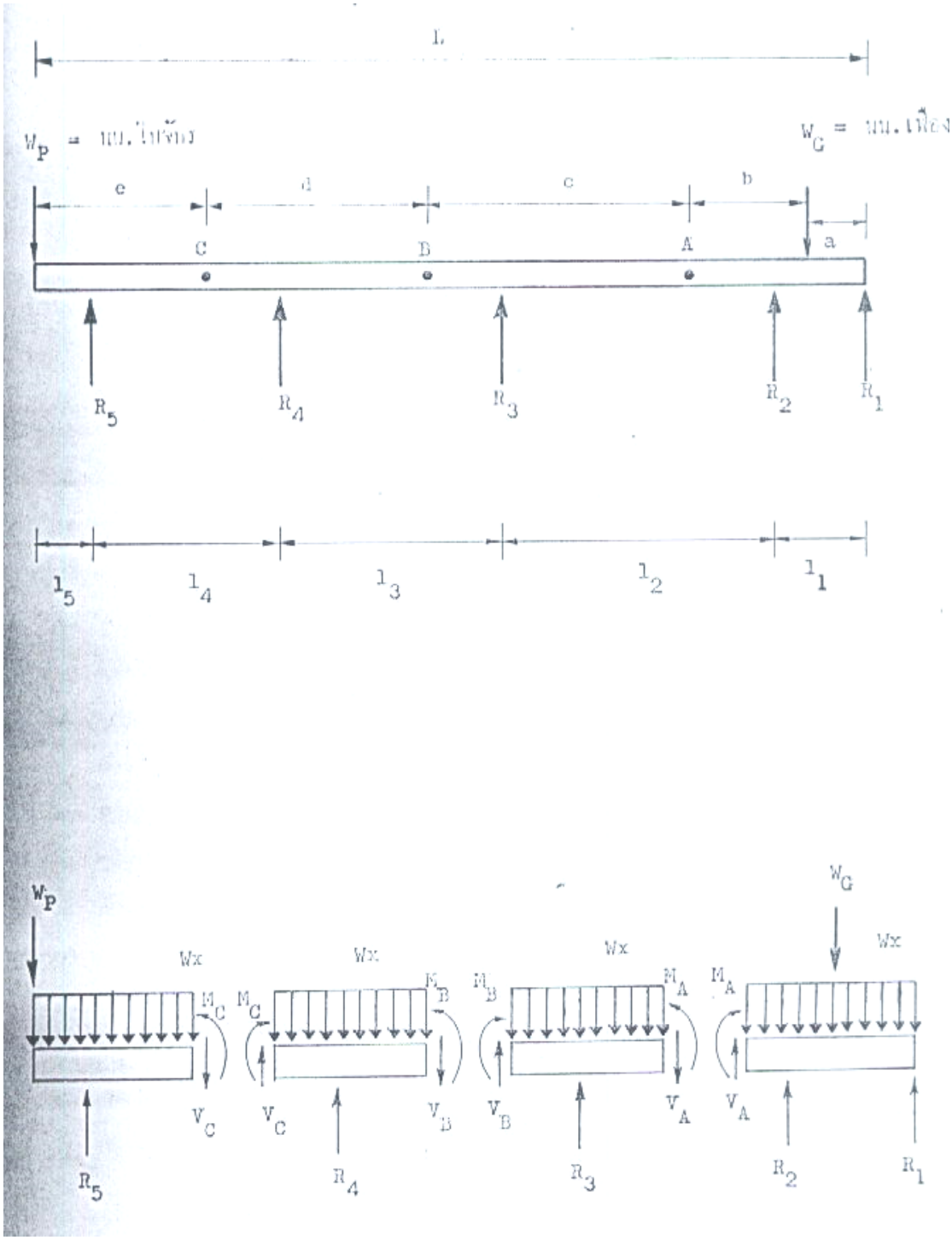
C = รัศมีหน้าตัดของเพลา

M = โมเมนต์ดัด ณ จุดที่วัด

I = โมเมนต์อินนิเชียของรูปหน้าตัดของเพลา

E = ค่า YOUNG MODULES ของเพลา

การทราบค่าโมเมนต์ดัด จะทำให้สามารถคำนวณค่าแรงปฏิกิริยาของแบริ่งได้ จากรูปก – ๖ เป็นการคำนวณค่าโมเมนต์ดัด ตามตำแหน่ง A, B, C แล้วสามารถแยกเพลาออกเป็น ๔ ส่วนย่อย แล้วคำนวณค่าของ R_1, R_2, R_3, R_4 และ R_5 ซึ่งเป็นแรงปฏิกิริยาของแต่ละแบริ่ง ด้วยใช้หลักความสมดุลของแต่ละส่วนย่อยในวิชากลศาสตร์



<u>รูป ก-๖</u> การแบ่งเพลาเป็นส่วนย่อยเพื่อการคำนวณ

ผนวก ข.

การคำนวณยะยะตกท้องช้างของเส้นลวด

การคำนวณระยะตกท้องช้าง

ระยะตกท้อวช้างของเส้นลวดเปียโนสามารถคำนวณได้โดยตรงจากสูตรและค่าจากตาราง ข – ๑ ถึง ข – ๓ แต่ทั้งนี้แนวแกนเพลาจะต้องอยู่ในแนวระดับ โดยต้องใช้แรงตึงในลวดให้เหมาะสม แต่ในกรณีแนวแกนเพลาไม่อยู่ในแนวระดับจะต้องคูณด้วย ค่า COS ของมุมเอียงแนวเพลาเสียก่อน

ตัวเลขจากตาราง ข – ๑ ถึง ข – ๓ ใช้สำหรับลวดเปียโนหมายเลข ๖ ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ๐.๐๑๖๖ นิ้ว (๐.๔๒๑๖๔ มม.) โดยลวดจะต้องขึงให้มีแรงตึงที่เหมาะสมกับระยะระหว่างจุดหัวท้ายที่ตรึงเส้นลวดตามค่าในตารางทั้ง ๓ การขึงลวดอาจกระทำได้โดยใช้น้ำหนักถ่วงที่ปลายข้างหนึ่งของลวด แต่ต้องแน่ใจว่ารอกต้องไม่มีแรงเสียดทาน

หากจำเป็นต้องใช้ลวดขนาดอื่น จะต้องขึงลวดด้วยแรงตึงที่เหมาะสมเพื่อให้มีระยะตกท้องช้างเท่ากับที่กำหนดไว้ แรงตึงดังกล่าวจะคำนวณได้จากสูตร

$$T_2 = \frac{T_1 (D_2)^2}{D_1}$$

โดย T_1 คือ แรงดึงในตารางข – ๑ ถึง ข – ๓

T_2 คือ แรงดึงที่ต้องใช้กับลวดที่จะใช้ตั้งศูนย์

D_1 คือ ๐.๔๒๑๖๔ มม. (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นลวด)

D_2 คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของลวดขนาดอื่นที่จะใช้ตั้งศูนย์เพลา

<u>ตัวอย่าง</u> ต้องการใช้เส้นลวดเส้นผ่านศูนย์กลาง ๐.๖๐ มม. จงหาแรงดึงในลวดโดยมีจุดที่ตรึงลวดห่างกัน ๓๖ ฟุต หรือ ๑๐.๙๗ เมตร

วิธีทำ จากตารางที่ ๒ ระยะ ๓๖ ฟุต ต้องใช้แรงดึงเท่ากับ ๑๔.๕๒ กิโลกรัม

$$T_2 = \frac{๑๔.๕๒ (๐.๖)^2}{๐.๔๑๖๔} = ๓๐.๑๕ \text{ กิโลกรัม}$$

ระยะตลิ่งสร้างของกาลเทียบกับท้องน้ำเดิม

ระยะระหว่างจุดสังเกตสิ่งกีดขวางกับท้องน้ำ ๑๐๐ ฟุต (๓๐.๔๘ เมตร)

ความเร็วของน้ำในลำคลอง ๑๐๐ เซนติ เมตร/วินาที เท่ากับ ๒๐.๖๐ ฟิวตต่อวิ

ระยะทางจากปากลำคลอง		ระยะระดับจุดสังเกตบนยอดลวด (เมตร)									
ฟุต	เมตร	3.66	4.27	4.88	5.49	6.10	6.71	7.32	7.92	8.53	9.14
1	0.30	.0381	.0508	.0508	.0635	.0762	.0762	.0889	.0889	.1016	.1143
2	0.61	.0762	.0889	.1016	0.1143	.1397	.1524	.1651	.1778	.1905	.2032
3	0.91	.1016	.1270	.1397	.1651	.1905	.2159	.2286	.2540	.2794	.3048
4	1.22	.1143	.1524	.1778	.2032	.2413	.2667	.2921	.3302	.3556	.3810
5	1.52	.1270	.1651	.2032	.2413	.2794	.3175	.3556	.3937	.4318	.4699
6	1.83	.1397	.1778	.2286	.2667	.3175	.3556	.4064	.4445	.4953	.5334
7	2.13	-	.1778	.2286	.2921	.3429	.3937	.4445	.4953	.5461	.5969
8	2.44	-	-	.2413	.2921	.3556	.1191	.4826	.5334	.5969	.6604
9	2.74	-	-	-	.3048	.3683	.4318	.5080	.5715	.6350	.6985
10	3.05	-	-	-	-	.3683	.4445	.5207	.5969	.6731	.7493
11	3.35	-	-	-	-	-	.4445	.5334	.6096	.6985	.7620
12	3.66	-	-	-	-	-	-	.5334	.6223	.7112	.8001
13	3.96	-	-	-	-	-	-	-	.6350	.7239	.8255
14	4.27	-	-	-	-	-	-	-	-	.7239	.8382
15	4.57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.8382

ตาราง ข – ๑

ระยะตกท้องช้างเป็นมิลลิเมตร

ระยะระหว่างจุดยึงหัวท้ายระหว่าง ๓๒ - ๔๐ ฟุต (๙.๗๕-๑๒.๒๐ เมตร)

แรงดึงขนลวดเท่ากับ ๓๒ ปอนด์ หรือ ๑๔.๕๒ กิโลกรัม

ระยะทางจากปลายลวด		ระยะระหว่างจุดตรึงหัวท้ายของลวด (เมตร)				
ฟุต	เมตร	9.75	10.36	11.97	11.58	12.20
1	0.30	.0889	.0889	.1016	.1016	.1016

ระยะตกท้องช้างเป็นมิลลิเมตร

ระยะระหว่างจุดยึงหัวท้ายระหว่าง ๔๑ - ๕๐ ฟุต (๑๒.๔๐-๑๕.๒๔ เมตร)

แรงดึงขนลวดเท่ากับ ๓๒ ปอนด์ (๑๔.๕๒ กิโลกรัม)

ระยะทางจากปลายลวด		ระยะระหว่างจุดตรึงหัวท้ายของลวด (เมตร)				
ฟุต	เมตร	12.8	13.41	14.02	14.63	15.24
1	0.30	.1143	.1270	.1270	.1270	.1397
2	0.61	.2286	.2413	.2413	.2540	.2794
3	0.91	.3302	.3429	.3556	.3810	.4064
4	1.22	.4318	.4572	.4826	.5080	.5334
5	1.52	.5334	.5588	.5842	.6223	.6477
6	1.83	.6223	.6604	.6858	.7239	.7366
7	2.13	.7112	.7493	.7874	.8255	.8636
8	2.14	.8001	.8382	.8890	.9271	.9144
9	2.74	.8763	.9271	.9144	1.0033	1.0414
10	3.05	.9525	1.0033	1.0414	1.0922	1.1303
11	3.35	1.0287	1.0795	1.1176	1.1684	1.2065
12	3.66	1.1049	1.1430	1.1938	1.2446	1.2827
13	3.96	1.1684	1.2065	1.2700	1.3081	1.3462
14	4.27	1.2192	1.2700	1.3208	1.3716	1.4097
15	4.57	1.2700	1.3208	1.3716	1.4224	1.4732
16	4.88	1.3208	1.3716	1.4224	1.4732	1.5240
17	5.18	1.3589	1.4224	1.4732	1.5240	1.5748
18	5.49	1.3970	1.4605	1.5113	1.5494	1.6129
19	5.79	1.4097	1.4859	1.5494	1.5875	1.6510
20	6.10	1.4224	1.5113	1.5748	1.6256	1.6891