บทที่ 4

การทดลองการโก่งงอ

เนื้อหาบทนี้กล่าวถึงชุดทดลองการโก่งงอและขั้นตอนการในทดลอง ชุดทดลองการโก่งงอประกอบด้วย test frame สำหรับทดสอบการโก่งงอ grating ที่ใช้ในเทคนิค shadow moiré เพื่อวัดโหมดการโก่งงอและสุดท้ายคือแผ่นทดสอบที่ใช้ในการทดลอง สำหรับขั้นตอนการทดลองจะกล่าวถึงขั้นตอนในการเตรียมชุดทดลองการโก่งงอและแผ่นทดสอบก่อนการทดลอง รวมทั้งวิธีวัดและวิธีในการเก็บค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ

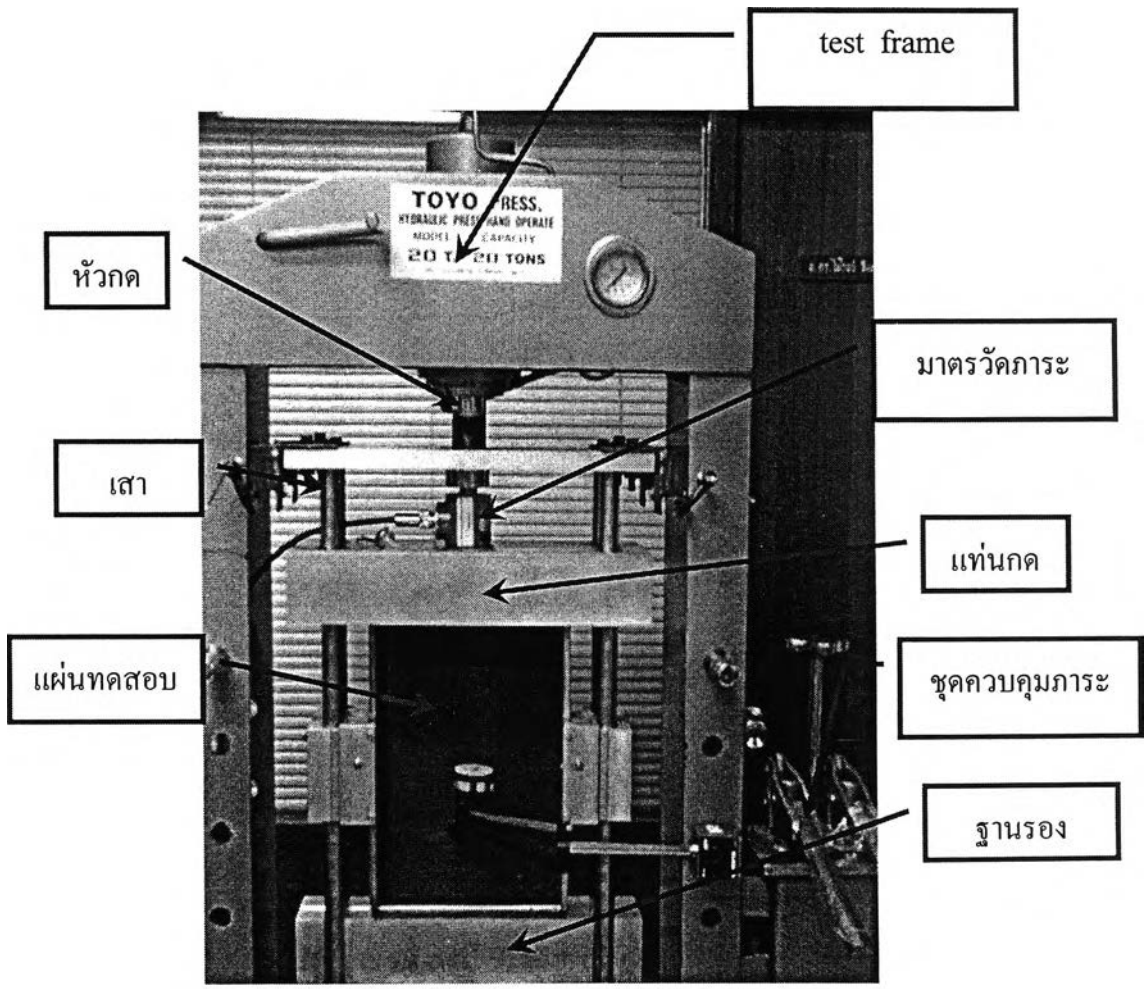
4.1 ชุดทดลองการโก่งงอ

ในการศึกษานี้ได้ออกแบบและสร้างชุดทดลองซึ่งทำหน้าออกแรงกดในแนวระนาบให้กับชิ้นทดสอบและสามารถกำหนดรูปแบบของเงื่อนไขขอบเขตได้ สำหรับการหาโหมดการโก่งงอจะต้องใช้ grating ที่มีขนาดสอดคล้องกับขนาดของแผ่นทดสอบด้วยวิธี shadow moiré ที่กล่าวในบทที่ 3

4.1.1 Test frame

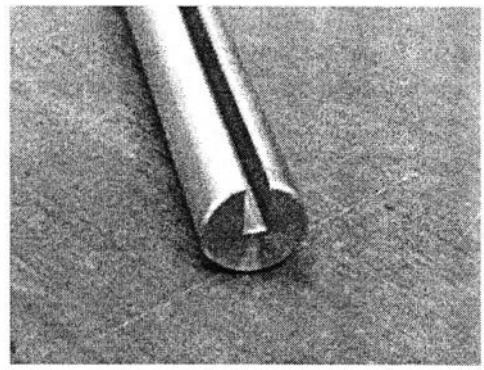
ชุดทดลองการโก่งงอที่ใช้ในวิทยานิพนธ์นี้แสดงอยู่ในรูปที่ 4.1 ส่วนประกอบที่สำคัญคือ test frame โดยมีอุปกรณ์ซึ่งทำหน้าที่แตกต่างกันดังต่อไปนี้ ชุดกดไฮโดรลิคจะสร้างแรงบนแผ่นทดสอบโดยการเคลื่อนตัวลงของหัวกด (pressing head) ซึ่งจะถ่ายทอดแรงผ่านมาตรวัดภาระและแท่นกด (cross head) และไปยังแผ่นทดสอบ แท่นกดนี้เคลื่อนที่ในแนวเสา (column) ทั้ง 4 ต้นของ test frame ทำให้ระนาบของแท่นกดตั้งฉากกับระนาบของแผ่นทดสอบเสมอ โดยที่เสาทั้ง 4 ต้นเป็นเพลาเหล็กสแตนเลสวางตัวแนวเดียวกับระนาบของแผ่นทดสอบและมีฐานสำหรับรองรับชิ้นงานซึ่งสามารถปรับตำแหน่งให้สูงขึ้นหรือต่ำลงได้ การควบคุมการเคลื่อนที่ขึ้นลงของหัวกดทำโดยชุดควบคุมภาระมีลักษณะเป็นคันโยกทำหน้าที่ควบคุมปริมาณน้ำมันไฮโดรลิคซึ่งส่งไปเพื่อบังคับให้หัวกดเคลื่อนตัวลง ชุดควบคุมภาระสามารถป้อนน้ำมันไฮโดรลิคสำหรับสร้างภาระทั้งแบบหยาบและแบบละเอียดเพื่อให้เหมาะสมกับสภาพการทดลอง นอกจากนี้บน test frame ยังมีอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานสำหรับใช้ในการจำลองเงื่อนไขขอบเขตแบบ simple support ซึ่งประกอบด้วยเงื่อนไขขอบเขตด้านบน ด้านล่างและด้านข้าง เงื่อนไขขอบเขตแบบ simple support ที่ขอบบนและล่างสร้างขึ้นโดยใช้เพลากลมทำด้วยสแตนเลสที่มีความยาวน้อยกว่าความกว้างของแผ่นทดสอบเล็กน้อย บนเพลาจะเซาะร่อง (slot) เท่า

กับความหนาของชิ้นงาน (2 มม) และลึกถึงจุดศูนย์กลางเพลา (รูปที่ 4.2) เพลานี้จะครอบที่ขอบบนและล่างของแผ่นทดสอบ นอกจากนี้บริเวณด้านล่างของแท่นกดกับด้านบนของฐานรองจะทำร่องรูปครึ่งวงกลมสำหรับรองรับเพลากลมดังรูปที่ 4.3 เงื่อนไขขอบเขตที่ด้านข้างประกอบด้วยชุดจับยึดกับขอบมีด (knife edge) ชุดจับยึดซึ่งมีขอบมีดติดอยู่จะยึดติดกับเสาโดยใช้สกรูดังแสดงในรูปที่ 4.4 ขอบมีดสร้างจากแท่งเหล็กแสตนเลสซึ่งถูกปาดความหนาออกจนเกิดเป็นขอบมีดขึ้น ขอบมีดมีความยาวน้อยกว่าความยาวของแผ่นทดสอบเล็กน้อย ชิ้นส่วนต่าง ๆ ดังกล่าวจะทำหน้าที่บังคับขอบทุกด้านของแผ่นทดสอบให้อยู่ภายใต้เงื่อนไข 1) ไม่มีการเคลื่อนที่นอกระนาบแผ่น 2) ไม่เกิดโมเมนต์ที่ขอบขณะที่แผ่นทดสอบรับภาระ

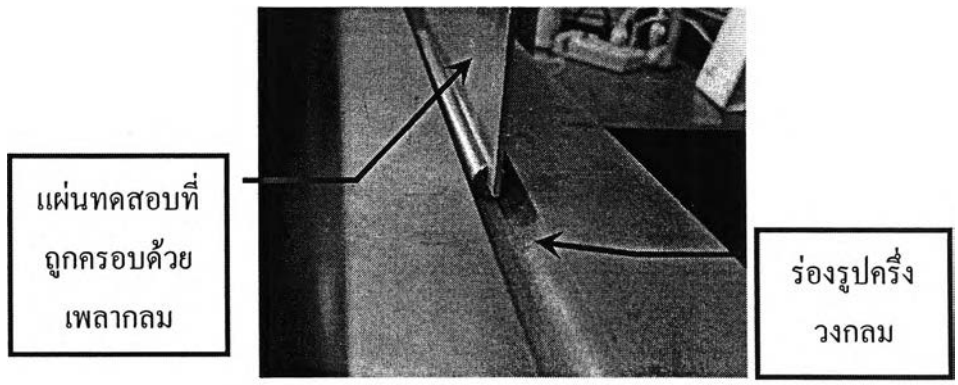


รูปที่ 4.1 ส่วนประกอบหลักของชุดทดลองการโก่งงอ

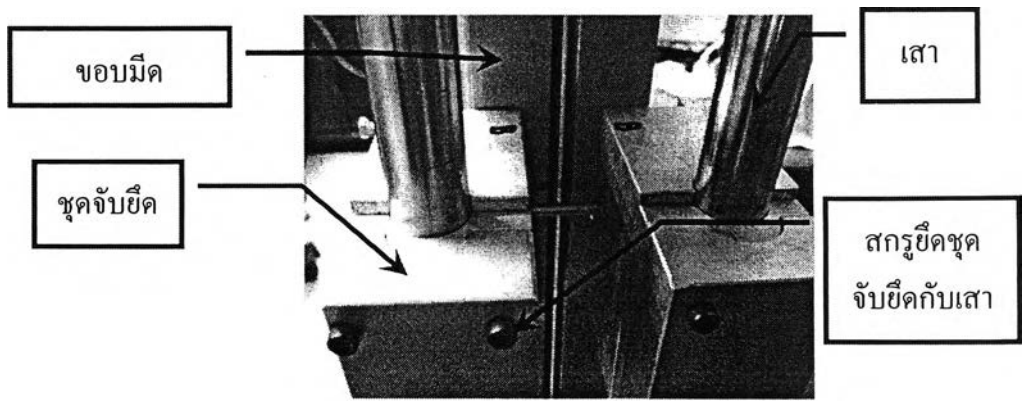
I 2222C 717 X



รูปที่ 4.2 เพลากลมเซาะร่องสำหรับครอบขอบบนและล่างของชิ้นงาน



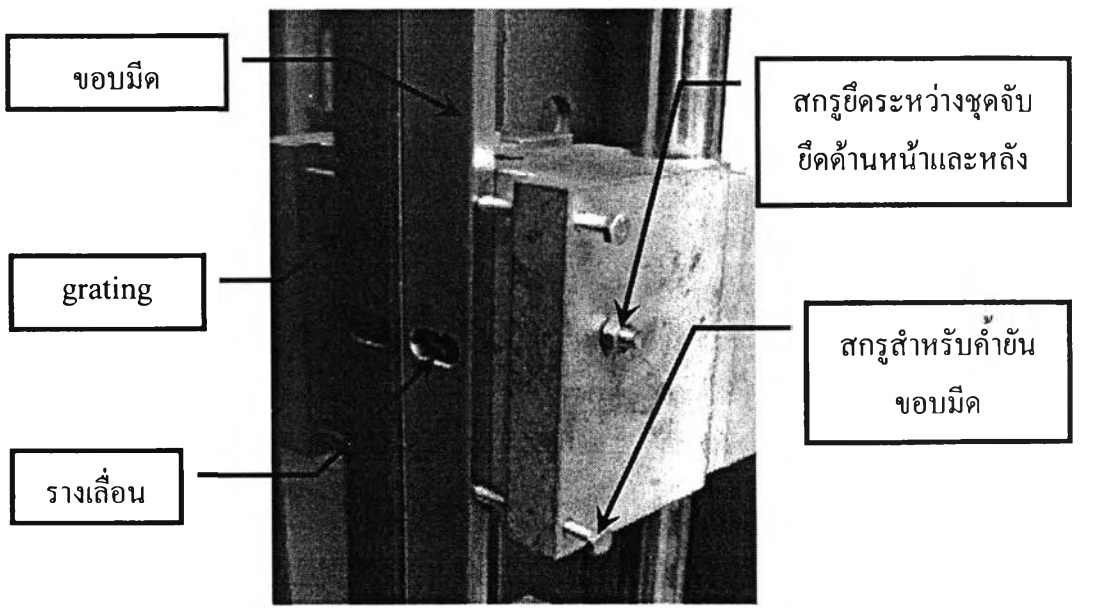
รูปที่ 4.3 ร่องรูปครึ่งวงกลมบริเวณแท่นกดและฐานรอง



รูปที่ 4.4 การจับยึดที่ด้านข้างของชิ้นงานด้วยขอบมีด

หลังจากที่ทราบส่วนประกอบหลักและหน้าที่ของแต่ละส่วนของชุดทดลองการโก่งงอ แล้วก็จะสามารถอธิบายถึงกระบวนการทำงานของชุดทดลองการโก่งงอได้ดังนี้ เมื่อออกแรงโยกคันโยกที่ชุดควบคุมภาระ น้ำมันไฮโดรลิคจะไหลเข้ากระบอกสูบและทำให้หัวกดเคลื่อนที่ไปกดมาตรวัดภาระและแท่นกดตามลำดับ ดังนั้นแรงที่กระทำกับชิ้นงานจะเป็นแรงกระจายสม่ำเสมอ แท่นกดจะเคลื่อนที่ขึ้นลงตามเสาหลักทั้ง 4 ต้นซึ่งวางตัวในแนวขนานกับระนาบของแผ่นทดสอบ ด้านล่างของแท่นกดทำเป็นร่องรูปครึ่งวงกลม ผิวของร่องครึ่งวงกลมจะสัมผัสกับเพลากลมเซาะร่องซึ่งครอบขอบด้านบนของแผ่นทดสอบ บริเวณขอบด้านล่างแผ่นทดสอบจะมีลักษณะเหมือนกันกล่าวคือผิวสัมผัสเพื่อการส่งถ่ายแรงเป็นผิวสัมผัสระหว่างเพลากลมและฐานรองซึ่งทำเป็นร่องรูปครึ่งวงกลม สำหรับใช้จำลองเงื่อนไขขอบเขตแบบ simple support

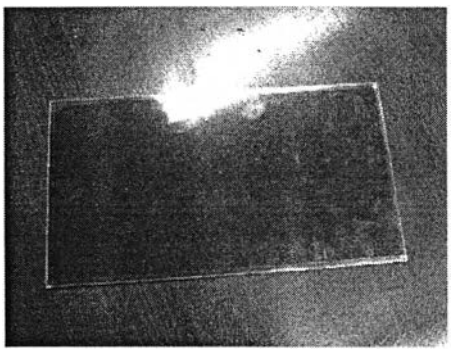
ขอบด้านข้างทั้ง 2 ด้านของแผ่นทดสอบถูกยึดด้วยขอบมีดดังแสดงในรูปที่ 4.4 ขอบมีดทำหน้าที่จับยึดแผ่นทดสอบโดยมีสกรูสำหรับค้ำยันขอบมีดเพื่อกดขอบมีดให้แนบสนิทกับแผ่นทดสอบ นอกจากนี้ระหว่างชุดจับยึดชุดที่อยู่ด้านหน้าและชุดที่อยู่หลังของแผ่นทดสอบต้องใช้สกรูยึดระหว่างชุดจับด้วยกันเองเพื่อป้องกันการขยับตัวของชุดจับยึดรอบเสาดังแสดงในรูปที่ 4.5 นอกจากนี้บนผิวด้านข้างของขอบมีดบริเวณด้านหน้าทั้งข้างซ้ายและข้างขวาของแผ่นทดสอบจะถูกเซาะร่องสำหรับใส่ grating เพื่อใช้วัดโหมดการโก่งงอ



รูปที่ 4.5 ลักษณะการค้ำยันของสกรูเพื่อให้ขอบมีดจับยึดแผ่นทดสอบ

4.1.2 Grating

การใช้ปรากฏการณ์การซ้อนทับของแสง [4] สำหรับวัดโหมดการโก่งงอต้องอาศัยอุปกรณ์ที่เรียกว่า grating ซึ่งมีลักษณะดังรูปที่ 4.6 โดย grating มีลักษณะเป็นแผ่นฟิล์มพลาสติกมีแถบโปร่งแสงและแถบทึบแสงสีดำที่ขนานกันวางตัวสลับกัน ฟิล์มนี้ถูกประกบด้วยแผ่นพลาสติกใส ตำแหน่งที่ติดตั้งอยู่บริเวณหน้าแผ่นทดสอบโดยสอดไว้ในร่องบริเวณขอบมีดด้านหน้าแผ่นทดสอบและมีขนาดทั้งหมด 6 ขนาดเพื่อให้สอดคล้องกับขนาดของแผ่นอะลูมิเนียมบางที่ใช้ทดสอบทั้งหมด โดยในที่นี้ใช้ grating ที่มีความละเอียด 6 เส้นต่อความยาว 1 มม



รูปที่ 4.6 ตัวอย่าง grating ที่ใช้ในการทดลอง

4.1.3 แผ่นทดสอบ

แผ่นทดสอบ (specimen) ทำจากวัสดุอะลูมิเนียมมีความหนาเฉลี่ย 2.04 มม มีความยาว a มม และความกว้าง b มม ต่อไปนี้ 180 x 180 , 270 x 180 , 360 x 180 , 240 x 240 , 360 x 240 สุดท้ายคือ 480 x 240 หรืออีกนัยหนึ่งวิทยานิพนธ์นี้ศึกษาแผ่นทดสอบที่มีสัดส่วนรูปร่างเท่ากับ 1 , 1.5 และ 2 โดยในแต่ละขนาดมี 4 แผ่นแทนด้วยสัญลักษณ์ A , B , C และ D แผ่นทดสอบสำหรับใช้ทดลองจะมีขนาดของความกว้างจริงคือ 200 มม และ 260 มม สำหรับชิ้นงานที่มีขนาด b เท่ากับ 180 และ 240 มม ตามลำดับเนื่องจากในการทดลองต้องเว้นระยะสำหรับให้ขอบมีดยึดจับแผ่นทดสอบ แผ่นทดสอบมีคุณสมบัติทางกลซึ่งได้จากการทดลองโดยโมดูลัสความยืดหยุ่นมีค่าเท่ากับ 61.6 GPa และอัตราส่วนปัวร์ซงเท่ากับ 0.34 (ภาคผนวก ค)

4.2 ขั้นตอนการทดลอง

หัวข้อนี้จะกล่าวถึงวิธีเตรียมการทดลองและวิธีการทดลอง ในส่วนของการเตรียมการทดลองจะกล่าวถึงหน้าที่ของอุปกรณ์วัดต่างและขั้นตอนการเตรียมการทดลอง เพื่อเก็บค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการเขียนกราฟพฤติกรรมการโก่งงอของแผ่นชิ้นงานทดสอบ ส่วนการทดลองเป็นการกล่าวถึงขั้นตอนและวิธีในการเก็บค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ อย่างละเอียด

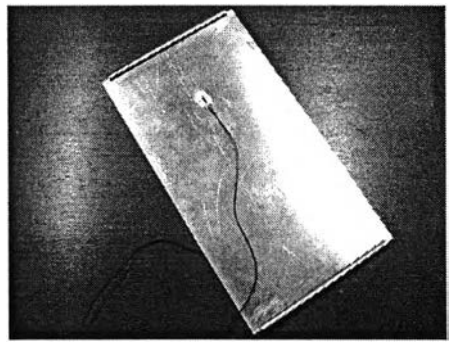
4.2.1 <u>การเตรียมการทดลอง</u>

ในการทดลองสิ่งแรกที่ต้องคำนึงถึงคืออุปกรณ์การวัดได้แก่ มาตรวัดภาระ (load cells) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ใช้ในการวัดแรงกดที่กระทำกับแผ่นทดสอบซึ่งมีความละเอียด 0.01 kN และวัดได้สูงสุดที่ 100 kN โดยติดตั้งอยู่บริเวณด้านบนของแท่นกดซึ่งบริเวณด้านบนของแท่นกดมีการกลึงปาดผิวลึกลงไปเพื่อกระชับมาตรวัดภาระกับแท่นกด ซึ่งมาตรวัดภาระจะวัดแรงกดขณะที่ส่งถ่ายแรงไปยังแท่นกดเพื่อที่แท่นกดส่งถ่ายแรงไปยังแผ่นทดสอบและใช้สเตรนเกจ (strain gage) ในการวัดค่าความเครียดทั้ง 2 ด้านของแผ่นทดสอบบริเวณที่คาดว่าจะเกิดการเคลื่อนนอกระนาบแผ่นสูงสุด โดยสเตรนเกจที่ใช้มีความต้านทานไฟฟ้า 120 Ω และต่อวงจรความต้านทานแบบ quarter bridge สัญญาณไฟฟ้าจากสเตรนเกจถูกส่งไปอ่านค่าที่สเตรนมิเตอร์แบบตัวเลข (digital strain meter) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าแปลงสัญญาณทางไฟฟ้าที่ถูกส่งมาจากอุปกรณ์การวัดหรือสวิทชิงบอคซ์ (switching box) แล้วจึงประมวลผลออกมาเป็นตัวเลขในหน่วยของ kN หรือ με โดยสวิทชิงบอคซ์จะทำหน้าที่รับสัญญาณไฟฟ้าจากอุปกรณ์การวัดซึ่งในที่นี้คือ มาตรวัดภาระ สเตรนเกจ อุปกรณ์นี้มีความพิเศษคือสามารถใช้ในการรับสัญญาณได้สูงสุดพร้อมกัน 5 ช่องสัญญาณ แล้วส่งไปประมวลผลออกมาเป็นตัวเลขที่สเตรนมิเตอร์แบบตัวเลขในคราวเดียวกัน ส่วนการวัดระยะเคลื่อนที่นอกระนาบและระยะยุบตัวในแนวแรงในวิทยานิพนธ์นี้ใช้ไดอัลเกจ (dial indicator) โดยไดอัลเกจมีความละเอียดที่ 0.01 มม และใช้คู่กับชุดขาตั้งแม่เหล็ก

แผ่นทดสอบแผ่นหนึ่ง ๆ จะมีการทดลองสองส่วนคือส่วนแรกเก็บข้อมูลค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ สำหรับหาค่าภาระการโก่งงอจากกราฟพฤติกรรมการโก่งงอและส่วนที่สองเป็นการทดลองเพื่อสังเกตโหมดการโก่งงอทั้งนี้เพื่อให้เกิดความสะดวกและเป็นขั้นตอนที่มีความเหมาะสมสำหรับการเตรียมการทดลอง ค่าภาระการโก่งงอและโหมดการโก่งงอสามารถประมาณจากผลเฉลยแม่นตรงก่อนเริ่มทดลองเพื่อหาตำแหน่งสำหรับวัดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ และช่วงของภาระที่ใช้ทดลองกับแผ่นทดสอบเพื่อให้มี

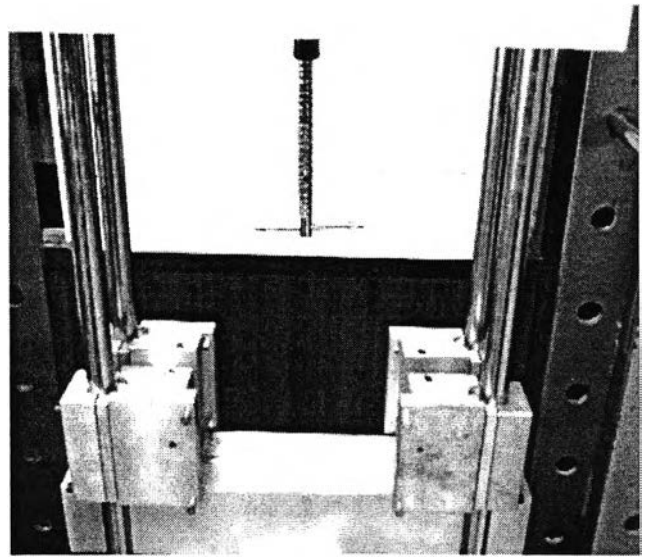
ความปลอดภัยทั้งกับแผ่นทดสอบและอุปกรณ์สำหรับทดลองต่าง ๆ สำหรับการวัดโหมดการโก่งงอก็เพื่อยืนยันโหมดการโก่งงอจากการทดลองกับการทำนายทางทฤษฎี

การเตรียมการทดลองเริ่มจากการเตรียมแผ่นทดสอบโดยใช้เครื่องตัดเฉือนในการเตรียมแผ่นอะลูมิเนียมบางตามขนาดที่ต้องใช้ในการทดลองทั้งหมด 6 ขนาดและหาตำแหน่งซึ่งคาดว่าจะเกิดการเคลื่อนที่นอกระนาบสูงที่สุดโดยหาได้จากการคำนวณซึ่งตำแหน่งการเคลื่อนที่นอกระนาบสูงสุดขึ้นอยู่กับโหมดการโก่งงอ เมื่อทราบตำแหน่งแล้วจึงติดสเตรนเกจและสายนำสัญญาณ ณ ตำแหน่งนั้น โดยติดตั้งสเตรนเกจในทิศทางที่ภาระกระทำบนผิวหน้าทั้ง 2 ด้านของแผ่นทดสอบเพื่อวัดค่าความเครียดดังรูปที่ 4.7

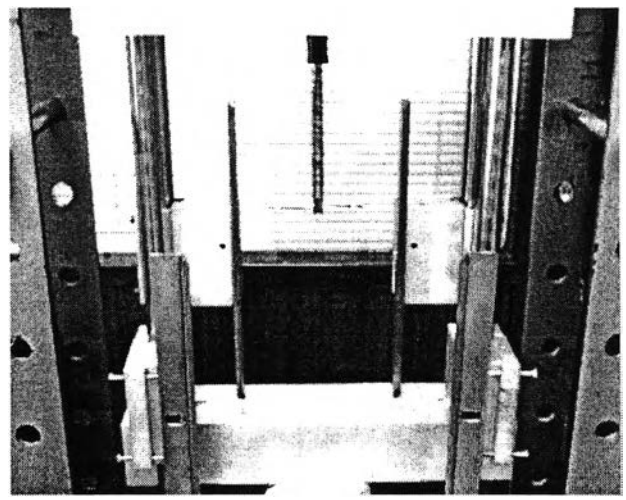


รูปที่ 4.7 การเตรียมแผ่นทดสอบก่อนการทดลอง

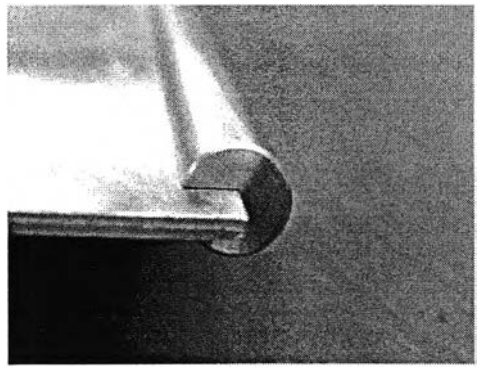
จากนั้นจึงตรวจสอบองค์ประกอบที่สำคัญของชุดทดลองการโก่งงอว่ายังอยู่ในสภาพที่พร้อมทดลองหรือไม่โดยต้องให้ความสำคัญกับเงื่อนไขขอบเขตทั้ง 4 ด้านของแผ่นทดสอบซึ่งได้แก่ เพลากลมเซาะร่อง ชุดจับยึด ขอบมีด แล้วจึงปรับระยะฐานรองตามความยาวของแผ่นทดสอบและติดตั้งชุดจับยึดเข้ากับเสาทั้ง 4 ต้นแล้วจึงติดตั้งขอบมีดเข้ากับชุดจับยึดดังรูปที่ 4.8 และ 4.9 ตามลำดับ โดยต้องเลือกชุดจับยึดและขอบมีดให้มีขนาดสอดคล้องกับขนาดของแผ่นทดสอบ ในการติดตั้งแผ่นทดสอบต้องทาจาระบีลงบริเวณร่องรูปครึ่งวงกลมทั้งที่ฐานรองและแท่นกดเพื่อลดแรงเสียดทานที่หน้าสัมผัสระหว่างเพลากลมและร่องรูปครึ่งวงกลม จากนั้นจึงครอบแผ่นทดสอบด้วยเพลากลมบริเวณด้านบนและล่างดังรูปที่ 4.10 ก่อนนำมาวางบนฐานรอง แล้วค่อย ๆ วางแท่นกดลงบนแผ่นทดสอบ แผ่นทดสอบก็จะวางตัวตั้งฉากกับแท่นกดและฐานรองอย่างอัตโนมัติเนื่องจากผิวสัมผัสที่เป็นแนวเส้นตรงของเพลากลมกับแท่นกดและเพลากลมกับฐานรองวางตัวอยู่ในแนวเดียวกัน



รูปที่ 4.8 การติดตั้งชุดจับยึดกับเสาทั้ง 4 ต้นของ test frame

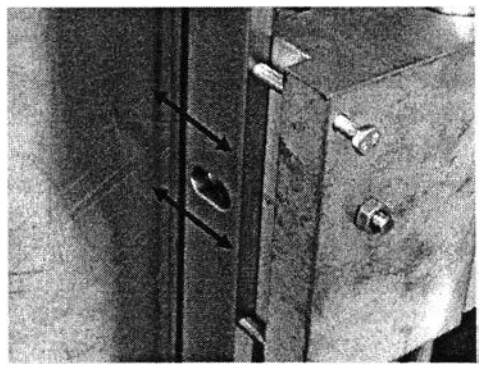


รูปที่ 4.9 การติดตั้งขอบมีดกับชุดจับยึด



รูปที่ 4.10 การครอบเพลากลมบนแผ่นทดสอบ

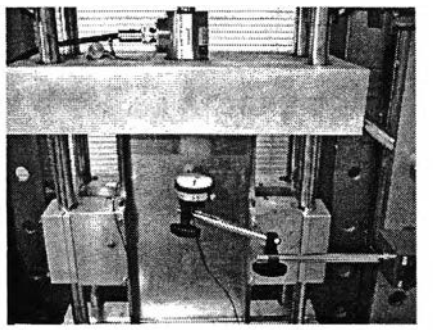
จากนั้นเป็นการติดตั้งเงื่อนไขขอบเขตด้านข้างบนแผ่นทดสอบโดยเคลื่อนชุดจับยึดขึ้นลงตามแนวเสาหลักเพื่อปรับความสูงต่ำของขอบมีดเพื่อให้เงื่อนไขขอบเขตด้านข้างมีความสมมาตรทั้งส่วนบนและล่างของแผ่นทดสอบ แล้วจึงกระชับชุดจับยึดเข้ากับเสาหลักเมื่อได้ระดับที่ต้องการและยึดชุดจับยึดเข้าด้วยกันโดยการใช้สกรูยึดระหว่างชุดจับยึดด้านหน้าและชุดจับยึดด้านหลัง จากนั้นเลื่อนขอบมีดเข้าหาแผ่นทดสอบจนขอบมีดแนบสนิทกับแผ่นทดสอบพอดี แล้วจึงขันสกรูค้ำยันเข้าพร้อม ๆ กันทั้งบริเวณด้านหน้าและหลังของแผ่นทดสอบจนแน่นในระดับหนึ่งเท่านั้นดังรูปที่ 4.11



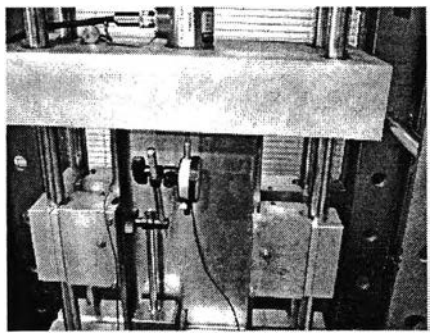
รูปที่ 4.11 การเคลื่อนที่ของขอบมีดบนชุดจับยึด

สำหรับการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดในการทดลองเพื่อเก็บค่าพารามิเตอร์แต่ละแผ่นทดสอบนั้นสามารถแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ช่วงคือช่วงที่ 1 เพื่อวัดความเครียดบริเวณผิวหน้าทั้ง 2 ด้านของแผ่นทดสอบและระยะเคลื่อนที่นอกระนาบ ช่วงที่ 2 เพื่อวัดระยะยุบตัวในแนวแรง โดยการทดลองช่วงที่ 1 ใช้ไดอัลเกจและสเตรนเกจเป็นอุปกรณ์ในการวัด การติดตั้งไดอัลเกจเพื่อวัดระยะเคลื่อนที่นอกระนาบแสดงดังรูปที่ 4.12 เมื่อทดลองเพื่อเก็บค่าระยะเคลื่อนที่นอกระนาบและค่าความเครียดทั้ง 2 ด้านของ

แผ่นทดสอบ ณ ภาระที่กระทำนั้น ๆ เสร็จเรียบร้อยแล้ว ในช่วงที่ 2 ทดลองอีกครั้งหนึ่งเพื่อทำการเก็บข้อมูลของระยะยุบตัวในแนวแรง ณ ภาระที่กระทำต่าง ๆ โดยติดตั้งอุปกรณ์การวัดคือไดอัลเกจไว้ในลักษณะดังรูปที่ 4.13 การทดลองทั้ง 2 ช่วงจะติดตั้งมาตรวัดภาระบริเวณด้านบนของแท่นกดไว้ก่อนการติดตั้งไดอัลเกจ



รูปที่ 4.12 การวัดความเครียดและระยะเคลื่อนที่นอกระนาบ



รูปที่ 4.13 การวัดระยะยุบตัวในแนวแรง

4.2.2 <u>ขั้นตอนการเก็บค่าพารามิเตอร์</u>

จากขั้นตอนของการติดตั้งอุปกรณ์การวัดเพื่อเก็บค่าพารามิเตอร์ช่วงที่ 1 เป็นการทดลองเพื่อเก็บข้อมูลระหว่างความเครียดที่ผิวทั้ง 2 ด้านและระยะเคลื่อนที่นอกระนาบกับภาระในแนวระนาบที่กระทำกับแผ่นทดสอบก่อน โดยเริ่มจากตั้งค่าอุปกรณ์การวัดต่าง ๆ ให้เริ่มอ่านค่าจากศูนย์ทั้งในสเตรน

มิเตอร์แบบตัวเลข ไดอัลเกจ จากนั้นจึงเริ่มให้ภาระกับแผ่นทดสอบโดยใช้คันโยกของชุดควบคุมภาระบังคับให้หัวกดเคลื่อนที่ลงมากดมาตรวัดภาระและส่งถ่ายแรงไปยังแท่นกดและผ่านไปยังแผ่นทดสอบ เมื่อแผ่นทดสอบได้รับแรงกระจายตลอดความกว้างของแผ่นทดสอบกระทำก็จะเกิดการเคลื่อนที่นอกระนาบ การทดลองช่วงนี้จะเก็บค่าภาระในแนวระนาบและระยะเคลื่อนที่นอกระนาบโดยอ่านค่าภาระทุก ๆ ระยะเคลื่อนที่นอกระนาบ 0.05 มม ทุกครั้งที่มีการอ่านค่าแรงกดที่กระทำกับแผ่นทดสอบต้องอ่านค่าความเครียดที่เกิดที่ผิวหน้าทั้ง 2 ด้านในหน่วย με โดยค่าพารามิเตอร์เหล่านี้เป็นชุดของข้อมูลระหว่างค่าผลต่างของความเครียด ณ ภาระที่กระทำกับแผ่นทดสอบ ภาระที่ให้กับแผ่นทดสอบจะป้อนจนค่าของระยะเคลื่อนที่นอกระนาบมีค่าประมาณความหนาของแผ่นทดสอบ แต่ต้องระวังไม่ให้ภาระที่กระทำกับแผ่นทดสอบเกินค่าภาระการโก่งงอที่คำนวณมากจนเกินไป

เมื่อเก็บข้อมูลข้างต้นแล้วจึงคลายภาระที่กระทำกับแผ่นทดสอบแต่ไม่ต้องยกแท่นกดออกรวมทั้งไม่ต้องปลดเงื่อนไขขอบเขตที่ขอบทั้งสี่ออก จากนั้นจึงถอดไดอัลเกจสำหรับวัดระยะเคลื่อนที่นอกระนาบออก แล้วติดตั้งอุปกรณ์การวัดช่วงที่ 2 ซึ่งก็คือการติดตั้งไดอัลเกจบริเวณฐานรอง ขั้นตอนต่อไปเป็นเช่นเดียวกันกับขั้นตอนการวัดเพื่อหาภาระการโก่งงอช่วงที่ 1 คือการตั้งค่าเริ่มต้นของอุปกรณ์การวัดที่ศูนย์ทั้งที่สเตรนมิเตอร์แบบตัวเลขและไดอัลเกจ จากนั้นจึงเริ่มให้ภาระแก่แผ่นทดสอบ เมื่อแผ่นทดสอบถูกแรงซึ่งเป็นแรงกระจายตัวตลอดความกว้างแผ่นทดสอบกระทำ แรงกดจะถูกอ่านค่าในหน่วยของ kN ทุก ๆ ระยะที่แผ่นทดสอบมีการยุบตัวในแนวแรง 0.02 มม ค่าพารามิเตอร์ทั้งสองเป็นชุดข้อมูลระหว่างระยะยุบตัวในแนวแรง ณ ภาระซึ่งกระทำกับแผ่นทดสอบที่ต้องบันทึกไว้ โดยในการทดลองช่วงที่ 2 จะให้ภาระกับแผ่นทดสอบจนค่าของภาระที่กระทำมีค่าใกล้เคียงกับภาระที่กระทำกับแผ่นทดสอบในการทดลองช่วงที่ 1 ทั้งนี้เพื่อทำให้แผ่นทดสอบอยู่ในสภาวะที่มีความใกล้เคียงกันทั้ง 2 ช่วงการทดลอง

การหาโหมดการโก่งงอนั้นทำการทดลองต่อเนื่องจากการหาค่าภาระการโก่งงอหลังจากที่เก็บข้อมูลในช่วงที่ 2 แล้ว เริ่มจากคลายภาระออกโดยไม่ต้องยกแท่นกดออก แล้วจึงถอดชุดเงื่อนไขขอบเขตด้านข้างทั้งหมดออกเพื่อติดตั้ง grating ที่มีขนาดสอดคล้องกับแผ่นทดสอบในบริเวณด้านหน้าของแผ่นทดสอบ เมื่อติดตั้ง grating บริเวณขอบมีดและติดตั้งขอบมีดเข้ากับเสาของ test frame จากนั้นจึงหาตำแหน่งสำหรับวางอุปกรณ์ฉายแสงบริเวณด้านหน้าชุดทดลองการโก่งงอเพื่อให้มีมุมตกกระทบประมาณ 45 ° ขณะที่ฉายแสงตกกระกับ grating จากนั้นขั้นตอนคล้ายกับการทดลองตอนแรกแต่การทดลองเพื่อหาโหมดการโก่งงอใช้อุปกรณ์การวัดเพียงแค่มาตรวัดภาระกับสเตรนมิเตอร์แบบตัวเลขเพื่อวัดแรงกดที่กระทำกับแผ่นทดสอบเท่านั้น การหาโหมดการโก่งงอเริ่มจากการตั้งค่าเริ่มต้นของอุปกรณ์สำหรับวัดคือสเตรนมิเตอร์แบบตัวเลขที่ศูนย์ แล้วจึงเริ่มป้อนภาระแก่แผ่นทดสอบโดยควบคุมภาระ

ให้เพิ่มขึ้นจนมีปริมาณเดียวกับภาระที่ใช้ในการทดลองช่วงที่ 1 และ 2 ขณะเดียวกันก็เริ่มฉายแสงในบริเวณด้านหน้าของ grating เพื่อสังเกตและบันทึกโหมดการโก่งงอของแผ่นทดสอบ ซึ่งการทดลองเพื่อหาโหมดการโก่งงอทำแค่เพียง 1 ครั้งในแผ่นทดสอบแต่ละขนาด โดยเลือกตัวอย่างแผ่นทดสอบแผ่นใดแผ่นหนึ่งของแต่ละขนาดมาทดลอง ทั้งนี้เนื่องจากโหมดการโก่งงอที่ได้จากการทดลองให้ผลเช่นเดียวกับผลที่ได้จากการคำนวณเสมอ