

### บทที่ 3

## ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับแขนจับหัวอ่าน/เขียน ซอรัค และความถี่ธรรมชาติ

### 3.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับแขนจับหัวอ่าน/เขียน (Suspension)

แขนจับหัวอ่าน/เขียน (Suspension) เป็นชิ้นส่วนสำคัญภายในของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ใช้สำหรับจับยึดหัวอ่าน/เขียน (Slider) ที่อยู่บนผิวพื้นผิวของแผ่นดิสก์มีลักษณะดังรูปที่ 3.1 ทำให้หัวอ่าน/เขียนสามารถที่



รูปที่ 3.1 ตัวอย่างแขนจับหัวอ่าน/เขียนแบบต่างๆ

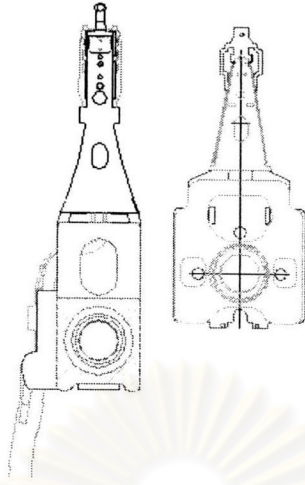
จะเคลื่อนที่เหนือผิวของดิสก์ได้โดยไม่เกิดการชนของหัวอ่านกับผิวของดิสก์และสามารถที่จะให้หัวอ่าน/เขียนตอบสนองต่อการเปลี่ยนตำแหน่งในการอ่าน/เขียนข้อมูลบนดิสก์ได้อย่างรวดเร็ว โดยยังคงรักษาความแม่นยำของระยะการบินได้อย่างถูกต้องและเที่ยงตรง

#### 3.1.1 ประเภทของแขนจับหัวอ่าน/เขียน

3.1.1.1 แขนจับหัวอ่าน/เขียนแบบเบสเพลต (Base Plate Suspension) ซึ่งมีส่วนประกอบ 3 หรือ 4 ชิ้น แล้วแต่การออกแบบและคุณสมบัติของตัวผลิตภัณฑ์ ใช้กับฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ประเภท Server , Desktop และ Mobile ดังรูปที่ 3.2

1) ผลิตภัณฑ์ที่มีชิ้นส่วน 3 ชิ้น จะประกอบด้วย Plate , Load beam และ Trace laminated Gimbal

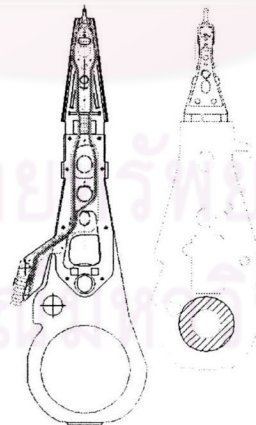
2) ผลิตภัณฑ์ที่มีชิ้นส่วน 4 ชิ้น จะประกอบด้วย Plate , Load beam , Hinge และ Trace laminated Gimbal



รูปที่ 3.2 แขนจับหัวอ่าน/เขียนแบบเบสเฟลต

3.1.1.2 แขนจับหัวอ่าน/เขียนแบบยูนิเมาท์เฟลต (Unimount Suspension) ใช้ยูนิเมาท์เฟลต แทนเบสเฟลต ซึ่งมีชิ้นส่วนประกอบ 3 หรือ 4 ชิ้น แล้วแต่การออกแบบและคุณสมบัติของตัวผลิตภัณฑ์ ใช้กับฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ประเภท Mobile และ Microdrive ดังรูปที่ 3.3

- 1) ผลิตภัณฑ์ที่มีชิ้นส่วน 3 ชิ้น จะประกอบด้วย Unimount Plate , Load beam และ Trace laminated Gimbal
- 2) ผลิตภัณฑ์ที่มีชิ้นส่วน 4 ชิ้น จะประกอบด้วย Unimount Plate , Load beam , Hinge และ Trace laminated Gimbal

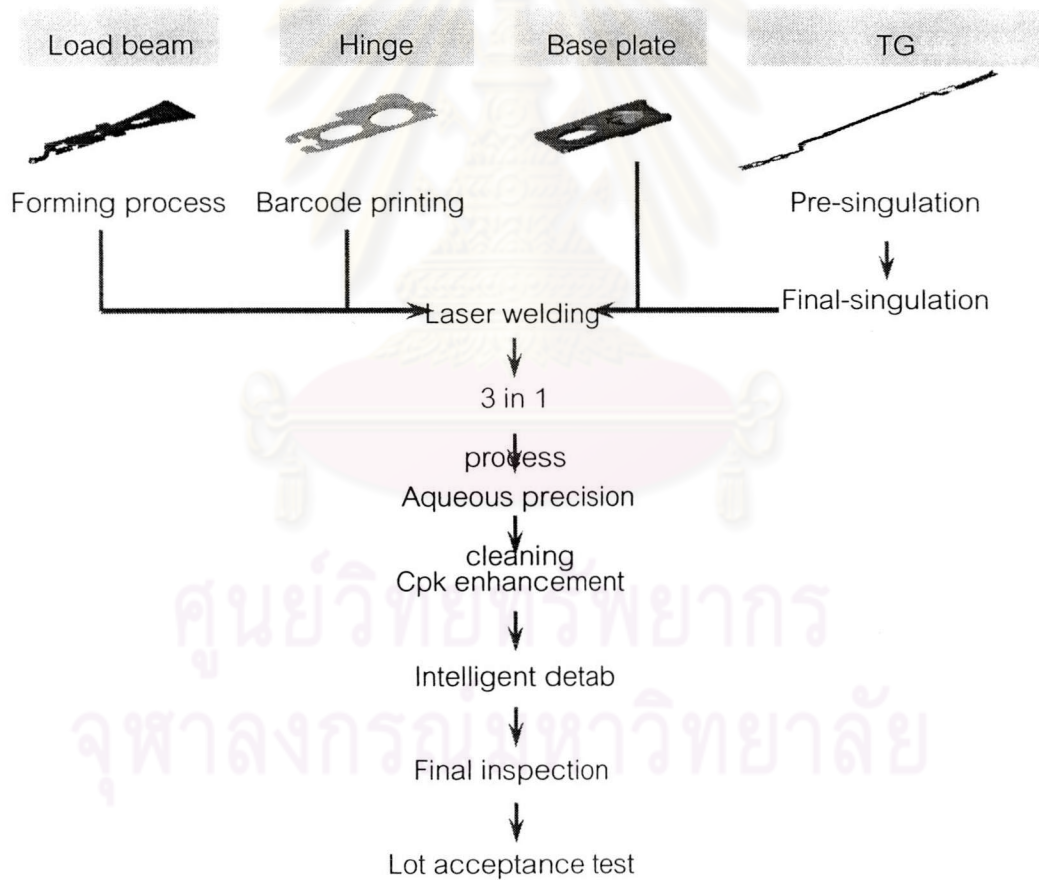


รูปที่ 3.3 แขนจับหัวอ่าน/เขียนแบบยูนิเมาท์

### 3.1.2 กระบวนการผลิต

โดยทั่วไปกระบวนการผลิตของแขนจับหัวอ่าน/เขียน ประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ เรียงตามลำดับดังต่อไปนี้ คือ

- 1) การขึ้นรูปตัวงาน (Forming process)
- 2) การพิมพ์บาร์โค้ด (Barcode printing process)
- 3) การตัดแยก Trace laminated gimbal : TG ขั้นที่ 1 (Pre-singulation process)
- 4) การตัดแยก Trace laminated gimbal : TG ขั้นที่ 2 (Final-singulation process)
- 5) การเชื่อมประกอบชิ้นส่วน (Laser welding process)
- 6) การขึ้นรูปค่าสปริง (3 in 1 process)
- 7) การล้างชิ้นงาน (Aqueous precision cleaning process)
- 8) การตัดค่าสปริงและตัดค่ามุมตัวงาน (Cpk enhancement process) และ
- 9) การตัดแยกตัวงาน (Intelligent detab process)
- 10) การตรวจสอบด้วยตา (Final inspection)
- 11) การตรวจสอบขั้นสุดท้าย (Lot acceptance test)



รูปที่ 3.4 ขั้นตอนการผลิตแขนจับหัวอ่าน/เขียน

## 3.2 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับช็อก

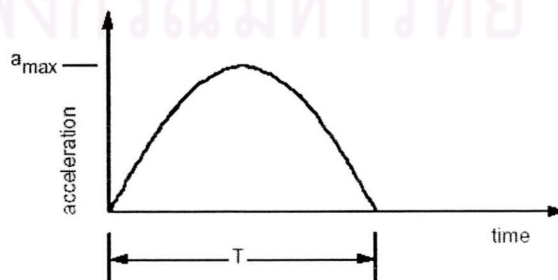
### 3.2.1 ช็อก (Shock)

คือ การถูกกระตุ้นด้วยแรงอย่างรุนแรงและฉับพลันของระบบเชิงกล (Transient Excitation) โดยปกติจะเกิดการเคลื่อนตำแหน่งภายในระบบ การเกิดช็อกที่รุนแรงกับผลิตภัณฑ์จะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์นั้นเกิดการแตกหักเสียหายอย่างรวดเร็ว

### 3.2.2 Shock Pulse Duration

คือ การถูกกระตุ้นด้วยแรงอย่างต่อเนื่องในช่วงเวลาหนึ่ง มักแสดงลักษณะโดยกราฟความเร่งกับเวลา (Acceleration vs Time) ในรูปของ Half Sine wave ความเร่งจะเพิ่มขึ้นจากศูนย์เมื่อถูกกระตุ้นจากแรงช็อกจนกระทั่งถึงจุดสูงสุดที่ค่าหนึ่งและลดลงไปสู่ศูนย์ในช่วงเวลาอันสั้นดังรูปที่ 3.5 ซึ่งจะกล่าวถึงในรูปของช็อกอินพุตที่กระตุ้นเข้าสู่ระบบ เมื่อ  $a_{max}$  คือ ระดับความรุนแรงของช็อกซึ่งอยู่ในรูปของจำนวนเท่าของแรงโน้มถ่วง (G's) และ T คือ ช่วงเวลา (Shock Pulse Duration) ตัวอย่างเช่น กระตุ้นให้เกิดช็อกอินพุตเข้าสู่ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์โดยการปล่อยตกอย่างอิสระที่ความสูงระดับหนึ่งลงสู่พื้นซีเมนต์ ค่าช็อกอินพุตที่ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ได้รับอาจเป็น 800G's (Half Sine wave), 0.5 ms แต่ถ้าปล่อยฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่ระดับความสูงเดียวกันลงสู่พื้นพรม ค่าช็อกอินพุตที่ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ได้รับอาจเป็น 200G's (Half Sine wave), 2.0 ms จากตัวอย่างนี้จะเห็นว่าพลังงานที่เข้าสู่ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขณะถูกกระแทกพื้นเท่ากันทั้งสองสถานะแต่ความรุนแรงหรือความเสียหายของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่ตกบนพรมน้อยกว่าฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่ตกบนพื้นซีเมนต์ เนื่องจากพรมทำให้ Shock Pulse Duration ยาวขึ้น

ความหมายอีกนัยหนึ่งคือลักษณะการเกิดช็อกต่อฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ เช่น ถ้า  $T = 0.5$  ms ช็อกเกิดการฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ตกบนพื้นซีเมนต์ ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์รับแรงกระแทกสั้นด้วยความถี่ 2000 Hz แต่ถ้า  $T = 2.0$  ms ช็อกเกิดจากฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ตกบนพื้นพรม ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์รับแรงกระแทกสั้นด้วยความถี่ 500 Hz เป็นต้น

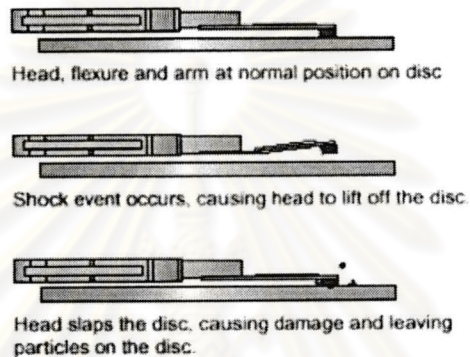


รูปที่ 3.5 ลักษณะของ Shock Pulse Duration



### 3.2.3 ปัญหาชอร์คในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

เมื่อฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์อยู่ในสภาวะชอร์คสูงเกินกว่าแขนจับหัวอ่าน/เขียนจะต้านทานได้ หัวอ่าน/เขียนจะถูกยกตัวขึ้นทำให้การอ่านเขียนเกิดการผิดพลาดได้ และที่สำคัญเมื่อหัวอ่าน/เขียนตีลงแผ่นดิสก์อีกครั้งทำให้เกิดรอยฉีกบนแผ่นดิสก์ทำให้ข้อมูลสูญหายหรืออาจเกิดอนุภาคหลุดออกมาจากการกระแทกและไปเสียดสีกับแผ่นดิสก์เกิดรอยขีดข่วนทำให้พื้นที่บริเวณนั้นใช้งานไม่ได้ดังรูปแสดงที่ 3.6



รูปที่ 3.6 แสดงลักษณะหัวอ่าน/เขียนขณะเกิด Head Slap

### 3.2.4 การทดสอบชอร์คในอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ มี 2 แบบ คือ

1) Operating Shock เป็นการทดสอบชอร์คที่ระดับฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์โดยทำการกระตุ้นให้เกิดชอร์คกับฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ในขณะที่ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์กำลังอ่าน/เขียนข้อมูลและดูผลการอ่าน/เขียนว่าเกิดความผิดพลาดหรือข้อมูลสูญหายหรือไม่

2) Non-Operating Shock เป็นการทดสอบชอร์คที่ระดับแขนจับหัวอ่าน/เขียน(Suspention) และระดับ HGA (Head Gimbal Assembly) โดยนำชิ้นงานตัวอย่างประกอบกับชุดทดสอบและกระตุ้นให้เกิดชอร์คอื่นพุดจากภายนอกเข้าสู่ระบบโดยวิธีตีหรือทุบหรือปล่อยกระแทกพื้นขึ้นอยู่กับลักษณะของชุดทดสอบ (งานวิจัยนี้เป็นการทดสอบแบบ Non-Operating Shock)

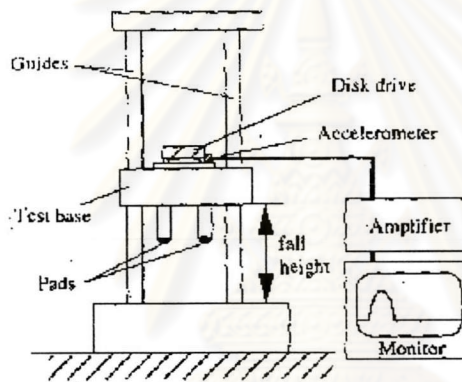
3.2.5 ความสามารถต้านทานชอร์คของแขนจับหัวอ่าน/เขียน (Shock Resistance) สามารถพิจารณาได้ 2 ช่วงระดับ คือ

1) G-to-lift off คือปริมาณของชอร์คอื่นพุดมากที่สุดที่หัวอ่าน/เขียน (Head) ยังคงติดอยู่บนแผ่นดิสก์ ผลลัพธ์ที่มีค่า G-to-lift off สูงกว่า แสดงว่าผลลัพธ์นั้นมีคุณสมบัติต้านทานสภาวะชอร์คได้สูงกว่า (High Shock Performance)

2) การเคลื่อนที่ของหัวอ่าน/เขียน (Head) เมื่อชอริกอินพุตเกินค่า G-to-lift off แล้วหัวอ่าน/เขียนถูกยกตัวขึ้นเหนือแผ่นดิสก์และตกกระทบลงแผ่นดิสก์อีกครั้งจนกระทั่งหัวอ่าน/เขียนหยุดนิ่ง ผลลัพธ์ที่หัวอ่าน/เขียนเคลื่อนที่มีความเร็วตกกระทบแผ่นดิสก์ต่ำกว่า ผลลัพธ์นั้นมีความคุณสมบัติด้านทานสภาวะชอริกได้สูงกว่า (High Shock Performance)

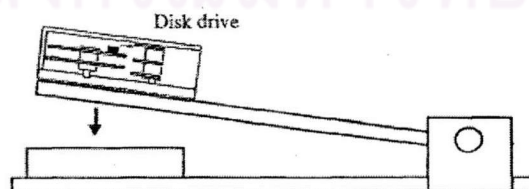
### 3.2.6 ชุดทดสอบแบบ Non-Operating (Non-Operating Shock Tester)

1) Drop tester แบบที่ 1 ดังรูปที่ 3.7 ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ถูกวางลงบนฐาน (Test Base) ที่สามารถปรับระดับความสูงได้ มี Accelerometer ติดอยู่ซึ่งเป็นตัววัดสัญญาณของชอริกที่เกิดขึ้นและฐาน (Test Base) ถูกปล่อยลงจากความสูงระดับที่ตั้งไว้ (เกิดชอริกจากภายนอกเข้าสู่ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์) ขนาดความรุนแรงของชอริกถูกควบคุมโดยการเปลี่ยนความสูงของการปล่อยและชนิดของวัสดุที่ใช้ทำ Pad



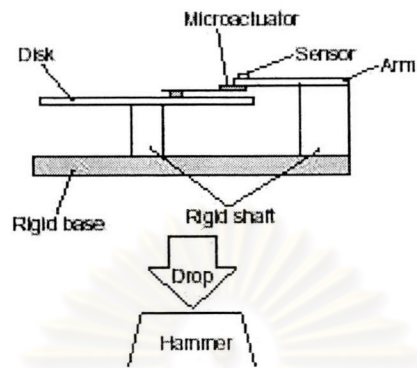
รูปที่ 3.7 Drop tester แบบที่ 1

2) Drop tester แบบที่ 2 ดังรูปที่ 3.8 ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ถูกวางบนคานยาว (Arm) ที่สามารถหมุนได้ 90 องศา และมี Accelerometer ติดอยู่กับฐานของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์นั้น และถูกปล่อยลงบน Damping Pad ขนาดและรูปร่างของความเร่งถูกควบคุมโดยการเปลี่ยนมุมการปล่อยของ Arm และชนิดของวัสดุที่ใช้ทำ Pad



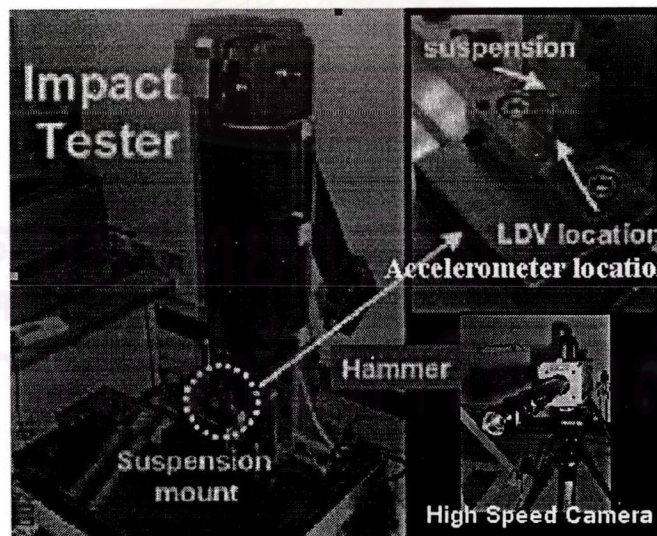
รูปที่ 3.8 Drop tester แบบที่ 2

3) Impact tester แบบที่ 1 ดังรูปที่ 3.9 แขนจับหัวอ่าน/เขียน และแผ่นดิสก์ถูกวางลงบน Base และติด Accelerometer ที่ปลาย Arm เพื่อวัดสัญญาณชอร์คที่เกิดขึ้นเมื่อปล่อยชุดทดสอบ กระแทกบน Hammer



รูปที่ 3.9 Impact tester

4) Impact tester แบบที่ 2 (เป็นของบริษัทตัวอย่าง) ดังรูปที่ 3.10 แขนจับหัวอ่าน/เขียนถูกยึดติดกับจิ๊ก (Suspension Mount) ซึ่งมี Accelerometer ติดอยู่ที่ฐานจิ๊กเพื่อวัดสัญญาณชอร์คที่เกิดขึ้น หัวค้อน (Hammer) ถูกปล่อยจากระดับความสูงที่ตั้งไว้กระแทกฐานจิ๊กกระตุ้นให้เกิดชอร์ค ขนาดของความรุนแรงชอร์คถูกควบคุมด้วยความสูงของค้อนและชนิดของวัสดุที่ทำ Pad และมีชุด LDV Laser วัดสัญญาณความเร็วของหัวอ่าน/เขียน



รูปที่ 3.10 เครื่องทดสอบชอร์คของบริษัทตัวอย่าง



#### 4.1) เครื่องมือและอุปกรณ์

- 1) ชุดทดสอบ Impact tester
- 2) LDV Laser
- 3) Digital High Speed Camera
- 4) Dynamic Analyser
- 5) Accelerometer

#### 4.2) วิธีการทดสอบ

- 1) นำชิ้นงานตัวอย่างขันติดบนจิ๊กทดสอบด้วยสกรูโดยแรงทอร์ค 4 ออนซ์
- 2) เปิดกล้อง Digital High Speed Camera พร้อมจะบันทึกภาพการยกตัวของ

หัวอ่าน/เขียน

- 3) ไฟกัส LDV Lasser บนหัวอ่าน/เขียนเพื่อจับสัญญาณความเร็วของการเคลื่อนที่
- 4) ยก Hammer ขึ้นถึงระยะที่ตั้งไว้
- 5) ปล่อย Hammer พร้อมกดสวิทช์ของกล้อง Digital High Speed Camera

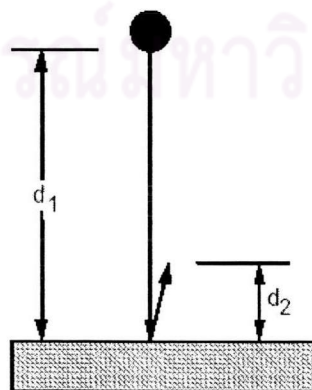
บันทึกภาพ

- 6) บันทึกค่า G-to-Lift off

#### 3.2.7 ทฤษฎีพื้นฐานของช็อก (Basic Shock Theory)

การทดสอบ Drop Shock เป็นวิธีการศึกษาอย่างง่ายที่ช่วยให้เข้าใจโดยเร็ว เมื่อวัตถุถูกปล่อยอย่างอิสระลงบนพื้นผิวแข็งและแสดงผลออกมาเป็น Acceleration Level จาก Accelerometer ที่ติดไปกับวัตถุนั้นซึ่งสามารถอนุมานเป็น Dynamic Response ได้ Accelerometer เป็นเครื่องมือวัดที่แสดงคุณลักษณะของ Amplitude และ Pulse width ที่กำเนิดจากการกระทบ (Impact)

วัตถุหยุดนิ่งที่ความสูง  $d_1$  ถูกปล่อยอย่างอิสระกระทบกับพื้นผิวเรียบแข็งและวัตถุสะท้อนกลับขึ้นได้ความสูง  $d_2$  ดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 การปล่อยวัตถุอย่างอิสระ



วัตถุถูกปล่อยอย่างอิสระจะมีความเร่ง (Acceleration) เนื่องจากแรงโน้มถ่วงโลก (Gravity) และ ความเร็ว (Velocity) เพิ่มขึ้นในทิศทางลง (เป็นลบ)

$$v(t) = gt \quad (1)$$

ระยะทางคือ 
$$d(t) = \frac{1}{2}gt^2 \quad (2)$$

จาก (1) และ (2) รวมกันจะได้ความเร็วของวัตถุก่อนตกกระทบ

$$v_1 = -\sqrt{2gd_1} \quad (3)$$

ในทำนองเดียวกัน ความเร็วของวัตถุหลังตกกระทบ

$$v_2 = \sqrt{2gd_2} \quad (4)$$

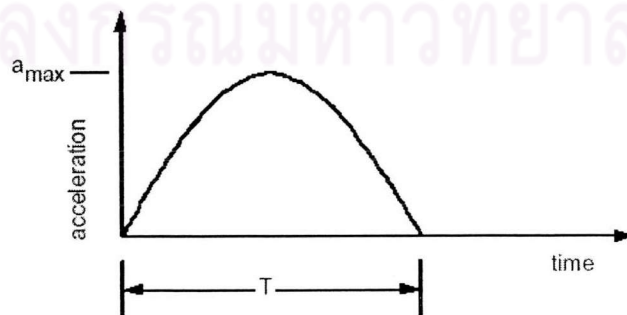
ความเร่งจะเกิดขึ้นระหว่างวัตถุตกกระทบ มีความหมายว่า อัตราการเปลี่ยนแปลงของความเร็ว ถ้า วัตถุเปลี่ยนทิศทางของความเร็วจากทิศลงเป็นทิศขึ้นเร็วมากขึ้น ความเร่งก็จะมากขึ้นตาม

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad (5)$$

วัตถุที่มีมวลสารมากกว่าจะต้องการแรงมากขึ้นในการผลักดันและใช้เวลามากขึ้นในการสะท้อนกลับ เมื่อพิจารณาวัตถุ 2 ชิ้น มีรูปร่างและแข็งเหมือนกัน วัตถุหนึ่งมีมวลสารมากกว่าอีกวัตถุหนึ่ง ทั้งคู่ตก และสะท้อนกลับในทิศทางเดียวกัน ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงของความเร็วจะเท่ากันทั้ง 2 กรณี อย่างไรก็ตาม วัตถุที่มีมวลสารมากกว่าจะใช้เวลาในการสะท้อนกลับนานกว่า (มี Pulse width ยาวกว่า) นั่นคือ  $\Delta t$  มีค่ามากขึ้นเป็นผลให้ความเร่งลดลง ดังความสัมพันธ์สมการ (5) ด้วยเหตุนี้เมื่อปล่อยจากความสูงเดียวกัน วัตถุที่เบากว่าจะได้ Pulse width สั้นกว่า และมีระดับความเร่งสูงกว่า วัตถุที่มีมวลสารมากจะเกิดแรงตกกระทบกับพื้นมากแต่ความเร่งจะน้อยกว่า

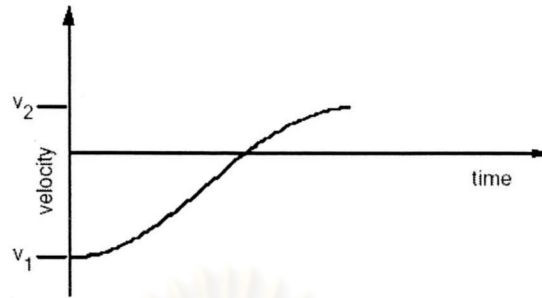
### The Half Sine Pulse

เมื่ออธิบายเข้าพุทของ Accelerometer ที่ติดไปกับวัตถุระหว่าง Drop Shock รูปร่างของคลื่น จะอ้างอิงกับ Half Sine ซึ่งนั่นก็คือชอร์กอินพุทที่กระตุ้นเข้าสู่วัตถุนั้นเอง พล็อตของความเร่งกับเวลา ของ Half-sine shock จะเหมือนกับรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 Half Sine Shock แสดงในรูปความเร่งกับเวลา

ความเร็ว (Velocity) คืออินทิเกรตของความเร่ง (Acceleration) บวกกับค่าคงที่ค่าหนึ่ง อินทิเกรต Half Sine จะได้ Half Cosine เหมือนกับรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 Half Cosine Shock แสดงในรูปความเร็วกับเวลา

1 คือ ความเร็วก่อนตกกระทบ (velocity immediately before impact)

$$v_1 = -\sqrt{2gd_1} \quad (6)$$

และ 2 คือ ความเร็วหลังตกกระทบ (velocity immediately after impact)

$$v_2 = \sqrt{2gd_2} \quad (7)$$

เส้นโค้งจากรูปที่ 2.13 จะได้สมการความสัมพันธ์ ดังนี้

$$v(t) = \cos\left(\frac{\pi t}{T}\right)\left(\frac{v_1 - v_2}{2}\right) + \left(\frac{v_1 + v_2}{2}\right) \quad (8)$$

เมื่อ T คือ Pulse Width ของการกระแทก

เมื่อหาอนุพันธ์ฟังก์ชันความเร็วเป็นความเร่ง

$$a(t) = \frac{dv(t)}{dt} = \frac{d}{dt} \left[ \cos\left(\frac{\pi t}{T}\right)\left(\frac{v_1 - v_2}{2}\right) + \left(\frac{v_1 + v_2}{2}\right) \right] \quad (9)$$

$$a(t) = -\frac{\pi}{T} \sin\left(\frac{\pi t}{T}\right)\left(\frac{v_1 - v_2}{2}\right) \quad (10)$$

เมื่อ  $a(0) = 0$  (11)

$$a\left(\frac{T}{2}\right) = \frac{\pi}{T} \left(\frac{v_2 - v_1}{2}\right) \quad (12)$$

$$a(T) = 0 \quad (13)$$

เพราะฉะนั้นความเร่งสูงสุดจะเกิดที่เวลา  $\frac{T}{2}$  (สมการที่ 12) และเมื่อแทนค่าความเร็ว ได้

$$a_{peak} = a\left(\frac{T}{2}\right) = \frac{\pi}{T} \left(\frac{v_2 - v_1}{2}\right) \quad (14)$$

$$a_{peak} = \frac{\pi}{T} \left(\frac{\sqrt{2gd_2} - (-\sqrt{2gd_1})}{2}\right) \quad (15)$$

$$a_{peak} = \frac{\pi}{T} \sqrt{\frac{g}{2} (\sqrt{d_2} + \sqrt{d_1})} \quad (16)$$

จากสมการที่ (16) จะเห็นว่า

1) Pulse Width ยิ่งสั้นลง ความเร่งจะทำให้สูงขึ้น

2) Square root ของระยะปล่อยและระยะสะท้อนกลับ สมมติให้ความสูงของการสะท้อนกลับและตกอีกครั้งเป็น 41% ของความสูงครั้งแรก

ดังนั้นจะได้  $g_{peak} = 0.71 \frac{\sqrt{d_2} + \sqrt{d_1}}{T}$  สำหรับ  $d_1, d_2$  เป็นเมตร , T เป็นวินาที (17)

$$g_{peak} = 0.39 \frac{\sqrt{d_2} + \sqrt{d_1}}{T} \text{ สำหรับ } d_1, d_2 \text{ เป็นฟุต , T เป็นวินาที} \quad (18)$$

Pulse Width (T) จะขึ้นอยู่กับรูปร่าง, คุณสมบัติของวัสดุของวัตถุที่ถูกปล่อยและพื้นผิวของการกระแทก

### รูปแบบการพยากรณ์อย่างง่ายของ Drop Shock

เมื่อวัตถุที่ถูกปล่อยกระทบกับพื้นผิวแข็ง วัตถุจะเสียรูปร่างในเชิงอัดตัว และอาจจะสะท้อนกลับขึ้น สำหรับในกรณีนี้สมมติให้ไม่มีการสะท้อนกลับ

วัตถุมีมวลสาร m และโมดูลัส E และระยะที่วัตถุถูกอัดตัว x จากสูตรมาตรฐาน

$$F = ma \quad (19)$$

$$F = kx \quad (20)$$

จะได้ความเร่งที่ระยะอัดตัวสูงสุดของวัตถุ X ดังนี้

$$a = \frac{kx}{m} \quad (21)$$

ขณะเกิด Shock

$$= \sqrt{2ax} \quad (22)$$

$$x = \frac{v^2}{2a} \quad (23)$$

แทนสมการ (23) ใน (21)

$$a = \frac{k \left( \frac{v^2}{2a} \right)}{m} \quad (24)$$

$$a^2 = \frac{kv^2}{2m} \quad (25)$$

ค่าคงที่สปริงสามารถแสดงในเทอมของโมดูลัส (E) และพื้นที่ที่ถูกอัดตัว (A) และความสูงของวัตถุ (h)

$$k = \frac{EA}{h} \quad (26)$$



แทนสมการ (22) และ(26) ใน (25) จะได้

$$a^2 = \frac{EA(2gd_1)}{2m} \quad (27)$$

เพราะฉะนั้น  $a = \sqrt{\frac{EAgd_1}{hm}} \quad (28)$

จากสมการพื้นฐานข้างบนสามารถสรุปได้ว่า

1) ระดับความเร่งจะสูงขึ้นเมื่อพื้นที่ผิว A เพิ่มขึ้นโดยเฉพาะถ้าพื้นที่ผิวเรียบ (flat-on-flat) ก็ยิ่งสูงขึ้น

2) ระดับความเร่งจะสูงขึ้นเมื่อระยะปล่อยตกสูงขึ้น ( $d_1$ )

3) ระดับความเร่งจะสูงขึ้นเมื่อมวลสารน้อยลง ( $m$ )

4) ระดับความเร่งจะสูงขึ้นเมื่อวัตถุแข็งขึ้น ( $E$ )

รูปที่ 3.14 สามารถอธิบายลักษณะของสัญญาณชอร์คที่ถูกวัดโดย Accelerometer ของแบบทดสอบแบบ Drop Shock Test เป็นลำดับดังนี้

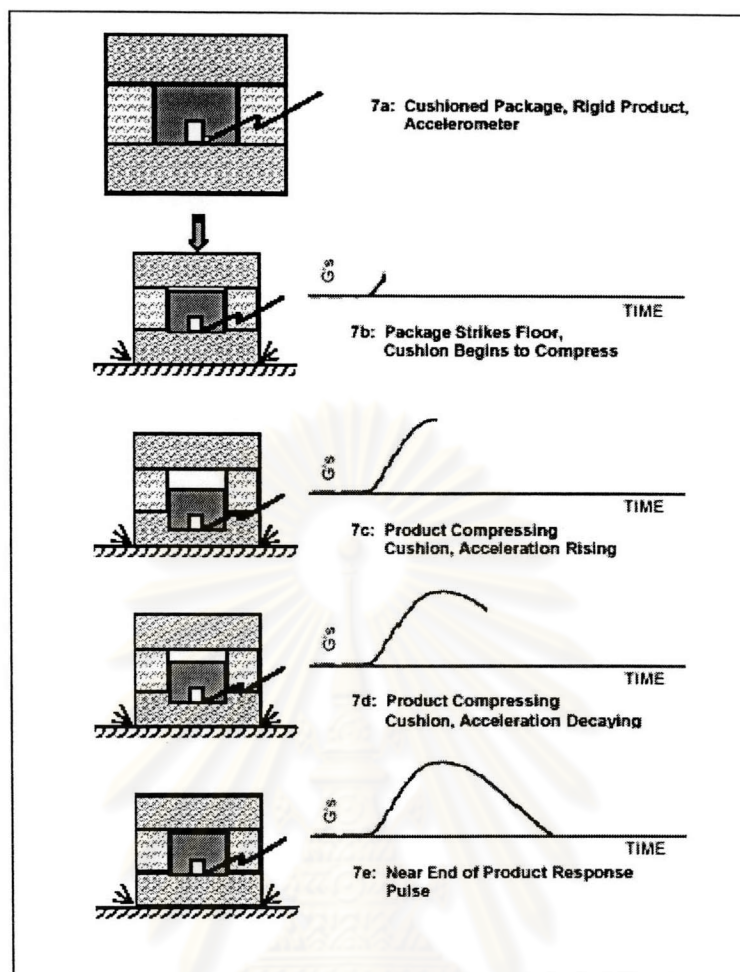
7a) ชุดทดสอบประกอบด้วย Cushioned Package , Rigid Product และ Accelerometer

7b) ชุดทดสอบถูกปล่อยอย่างอิสระจากความสูงค่าหนึ่งและกระทบกับพื้นด้วยความเร็วแน่นอน ( $v = \sqrt{2gh}$ ) และลดลงเป็นศูนย์อย่างรวดเร็ว Product ภายในและ Package จะเคลื่อนกุด Cushion อย่างต่อเนื่องด้วยแรง  $F = ma$  ในทิศทางลง

7c) Product และ Package เคลื่อนที่ลงอย่างต่อเนื่องกุด Cushion เป็นสาเหตุให้เกิด Shock Pulse ความเร่งขาขึ้น

7d) Product และ Package เคลื่อนที่ลงกุด Cushion ถึงจุดสูงสุดและเริ่มสะท้อนกลับทำให้ความเร่งเริ่มลดลงแต่ยังคงมีทิศทางลงเป็นผลให้ยังคงมีแรงกุดบน Cushion และยึด Package ติดอยู่กับพื้น

7e) ความเร่ง = 0 ทำให้แรงกุด = 0 ด้วย



รูปที่ 3.14 แสดงแบบจำลองการทดสอบ Drop Shock ซึ่งประกอบด้วย Cushioned Package , Rigid Product และ Accelerometer

### 3.3 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับความถี่ธรรมชาติของแขนจับหัวอ่าน/เขียน (Resonance)

#### 3.3.1 บทนำ

วัตถุที่เกิดการสั่นมีความถี่เท่ากับความถี่ธรรมชาติของวัตถุนั้น เรียกว่า เกิดกำทอน (Resonance) และเมื่อเกิดกำทอนโอกาสที่วัตถุนั้นจะเกิดความเสียหายก็มีมากขึ้น วัตถุทุกชนิดจะมีความถี่ธรรมชาติของตัวเอง ซึ่งขนาดจะขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุและน้ำหนักของวัตถุนั้น ดังสมการข้างล่าง

$$f_n = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$$

เมื่อ  $f_n$  คือ ความถี่ธรรมชาติ

T คือ คาบเวลา

K คือ ความแข็งแรงของวัสดุ (Stiffness)

M คือ มวลของวัตถุ

คานยาวปลายอิสระดังรูปที่ 3.15 เป็นตัวอย่างอย่างง่ายที่สามารถอธิบายความสัมพันธ์ของสมการข้างต้นได้ดี ดังนี้



รูปที่ 3.15 แสดงคานแบบปลายอิสระและรูปคลื่นเมื่อเกิดการสั่น

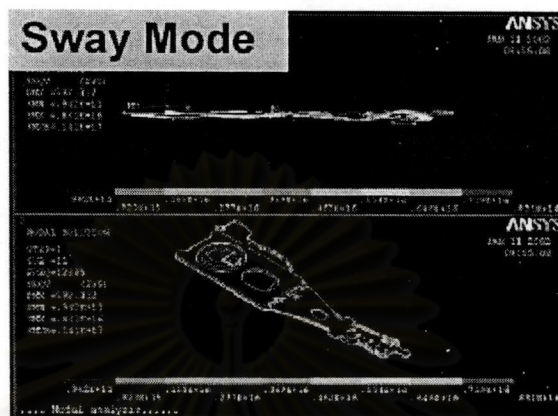
- 1) คานยาว 2 คานที่ทำจากวัสดุเดียวกัน คานที่สั้นจะมีความถี่ธรรมชาติสูงกว่าคานที่ยาว เนื่องจากคานที่สั้นจะมีมวลน้อยกว่าคานที่ยาว
- 2) คานยาว 2 คานที่มีขนาดเท่ากันแต่ทำจากวัสดุต่างกัน คานหนึ่งทำจากสแตนเลสและอีกคานหนึ่งทำจากทองแดง คานที่ทำจากสแตนเลสจะมีความถี่ธรรมชาติสูงกว่าคานที่ทำจากทองแดง เนื่องจากสแตนเลสมีความแข็งแรงมากกว่าทองแดง

#### 3.3.2 การเกิดกำทอนของแขนจับหัวอ่าน/เขียน (Resonance for Suspension)

แขนจับหัวอ่าน/เขียนจะเกิดกำทอนเมื่อความถี่ของการค้นหาตำแหน่งของการอ่าน/เขียนบนแผ่นดิสก์ (Seeking) ตรงกับความถี่ธรรมชาติของตัวผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะมีผลเสียทำให้เกิดความผิดพลาดขณะอ่าน/เขียนได้หรือที่เรียกกันว่าเกิด "Off-Track" ดังนั้นฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่มีความสามารถสูงจึงต้องการแขนจับหัวอ่าน/เขียนที่มีความถี่ธรรมชาติสูงๆ



การเกิดกำทอนของแขนจับหัวอ่าน/เขียนในโหมดสเวย์ (Sway mode) แสดงดังรูปที่ 3.16 หัวอ่าน/เขียนจะเกิดการแกว่งซ้าย-ขวาอย่างรุนแรง ส่งผลให้หัวอ่าน/เขียนเกิด Off-Track ออกจากตำแหน่งข้อมูลบนแผ่นดิสก์ ในที่สุดการอ่าน/เขียนก็ผิดพลาด



รูปที่ 3.16 แสดงสเวย์โหมด (Sway mode)

ศูนย์วิจัยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย