

สอนครั้งที่ 13

หน่วยที่ 7

เรื่อง ระบบรองรับน้ำหนัก

	แผนการจัดการเรียนรู้	หน่วยที่ 7
	ชื่อวิชา วิศวกรรมยานยนต์ รหัสวิชา 3101 – 2008	สอนครั้งที่ 13
	ชื่อหน่วย ระบบรองรับน้ำหนัก	ชั่วโมงรวม 39 ชั่วโมง
ชื่อเรื่อง/ชื่องาน คุณสมบัติสปริง		จำนวน 3 ชั่วโมง
หัวข้อเรื่องและงาน 7.1 หน้าที่ของระบบรองรับ 7.2 คุณสมบัติของสปริง 7.3 ปรากฏการณ์ที่เกิดจากรถแล่นผ่านสันบนถนน 7.4 ปรากฏการณ์ที่เกิดจากรถแล่นผ่านแอ่งบนถนน 7.5 ปรากฏการณ์ที่รถกระเพื่อมขึ้นลง สาระสำคัญ 1. หน้าที่ของระบบรองรับเป็นอุปกรณ์ที่ลดความสั่นสะเทือนในขณะที่รถยนต์แล่นตามถนน 2. คุณสมบัติของสปริง คือ สภาพของสปริงในขณะที่รถยนต์แล่นไปตามถนน 3. ปรากฏการณ์ที่เกิดจากรถแล่นผ่านสันบนถนนเป็นระบบรองรับเป็นสปริงชนิด ดังรูปที่ 10.2 เมื่อล้อหน้ากระแทกเข้ากับสันบนถนน สมมุติว่าสูง d ขณะที่ยางรถเกิดการกระแทก สปริงจะยุบตัวลงทันที d และหลังจากนั้นสปริงจะยืดตัวกลับไปอยู่ในสภาพเดิม ขณะที่สปริงยืดตัวออกจะดันให้ช่วงหน้าของรถยกสูงขึ้น 4. ปรากฏการณ์ที่เกิดจากรถแล่นผ่านแอ่งบนถนนคือสปริงของระบบรองรับมีการหดและยืดตัวคล้ายคลึงกับปรากฏการณ์ที่เกิดจากรถแล่นสะดุดสันบนถนน แต่ปรากฏการณ์ที่รถแล่นผ่านแอ่งบนถนนเฟดเดอร์ที่เกี่ยวข้องจะมีทั้งน้ำหนักของมวลรถส่วนที่อยู่เหนือสปริง 5. ปรากฏการณ์ที่รถกระเพื่อมขึ้นลง คือ ลักษณะการยุบและกระดกตัวของมวลของรถเหนือสปริงหรือตัวถังรถจะกระทำรอบจุดศูนย์ถ่วงของรถ สมรรถนะที่พึงประสงค์ (ความรู้ ทักษะ คุณธรรม จริยธรรม จรรยาบรรณวิชาชีพ) 1. นักเรียนอธิบายหน้าที่ของระบบรองรับได้อย่างถูกต้อง 2. นักเรียนบอกคุณสมบัติของสปริงได้อย่างถูกต้อง 3. นักเรียนบอกชนิดของสปริงได้อย่างถูกต้อง 4. นักเรียนบอกความสำคัญของสปริงได้อย่างถูกต้อง 5. นักศึกษาสามารถคำนวณหาปรากฏการณ์ที่เกิดจากรถแล่นผ่านสันบนถนนได้อย่างถูกต้อง 6. นักศึกษาสามารถคำนวณหาปรากฏการณ์ที่เกิดจากรถแล่นผ่านแอ่งบนถนนได้อย่างถูกต้อง 7. นักศึกษาสามารถคำนวณหาปรากฏการณ์ที่รถกระเพื่อมขึ้นลงได้อย่างถูกต้อง		

เนื้อหาสาระ

7.1 หน้าทีของระบบรองรับ

ระบบรองรับของรถยนต์ เป็นอุปกรณ์ที่ลดความสั่นสะเทือนในขณะที่รถยนต์แล่นไปตามถนน กล่าวคือ ขณะที่รถยนต์แล่นผ่านถนนขรุขระ ล้อของรถยนต์จะเกิดการสั่นสะเทือน จะส่งผลทำให้รถยนต์ทั้งคันเกิดการสะเทือนด้วย สปริงซึ่งเป็นอุปกรณ์ต่อเชื่อมระหว่างล้อและตัวถังรถยนต์ จะยืดหรือหดตัวไปตามจังหวะการสั่นสะเทือนนั้น การยืดหดตัวของสปริงจะช่วยลดการสั่นสะเทือน การยืดหรือหดตัวของสปริงจะช่วยลดอาการสั่นสะเทือนที่เกิดจากล้อผ่านไปยังตัวถัง

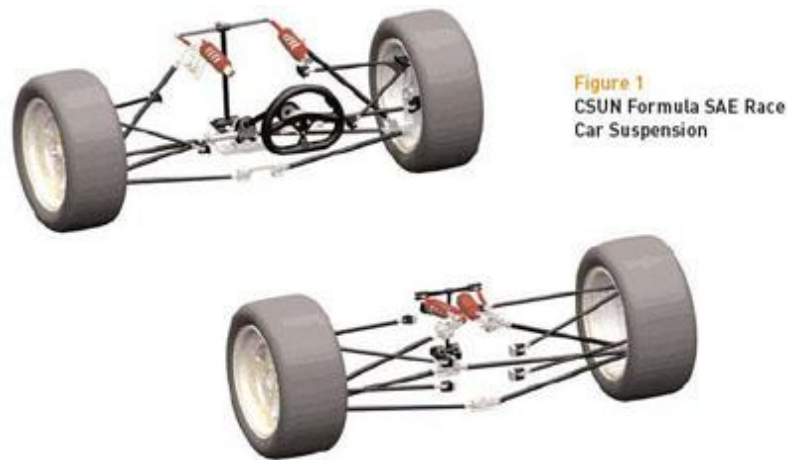


Figure 1
CSUN Formula SAE Race
Car Suspension

รูปที่ 7.1 ระบบรองรับ

คุณลักษณะที่สำคัญที่สุดของสปริงในระบบรองรับ คือ ระยะเวลายุบตัวของสปริงขณะที่รับน้ำหนักสูงสุด โดยที่เฟลเตอร์ดังกล่าวสามารถเป็นตัวบ่งบอกส่งต่อไปนี้

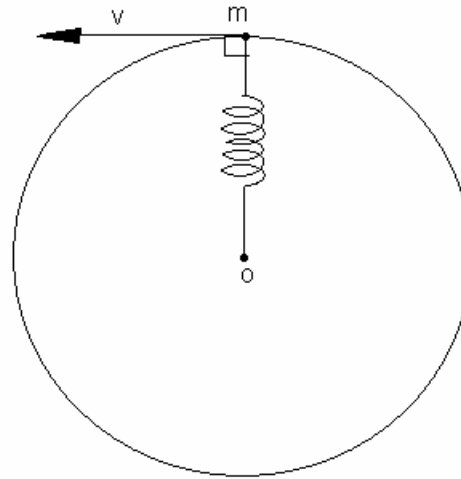
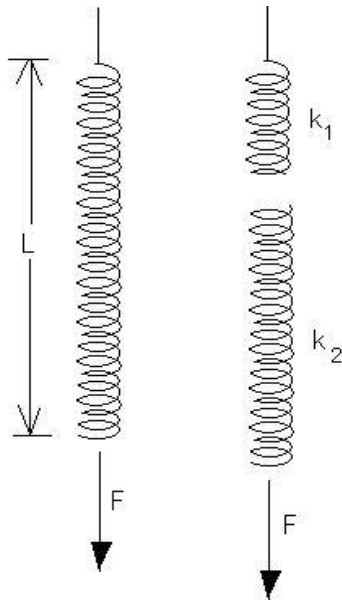
1. ความถี่ในการเคลื่อนที่ของสปริง กล่าวคือถ้าสปริงมีการเคลื่อนที่ (ยุบและยืด) ในอัตราที่พอเหมาะจะทำให้ผู้โดยสารของยานยนต์นั้นมีความสบาย ความถี่ในการเคลื่อนที่ของสปริงที่พอดีประมาณ 90 ครั้งต่อนาที

2. ความนิ่มของสปริงและความสามารถในการดูดซับแรงกระแทก ซึ่งหมายความว่า ถ้าสปริงมีระยะเวลายุบตัวมาก จะแสดงว่าสปริงนั้นมีความนิ่มมาก การขับขี่ยานยนต์จะมีความนิ่มนวลมากขึ้นด้วย

7.2 คุณสมบัติของสปริง

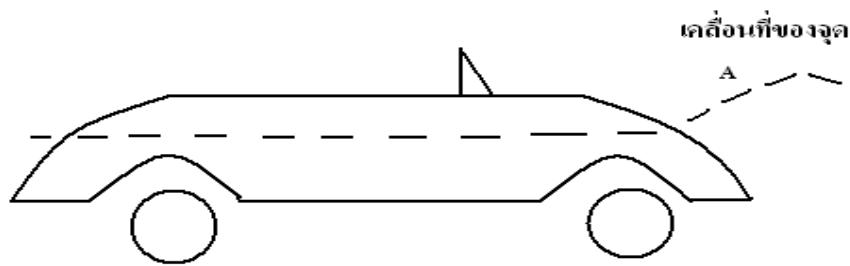
คุณสมบัติตามธรรมชาติของสปริงจะเป็นไปดังต่อไปนี้

1. เมื่อปล่อยสปริงเป็นอิสระสปริงจะมีความยาวอันหนึ่ง



2. เมื่อกดหรือดึงสปริงด้วยแรงที่เท่ากันอันหนึ่งสปริงจะยุบหรือ ยืดตัวจากความยาวอิสระเป็นระยะเท่ากัน
3. ในกรณีที่กดสปริงด้วยแรงอันหนึ่ง ภายหลังเมื่อปล่อยสปริง สปริงจะยืดตัวออกจนมีระยะเท่ากับ ความยาวอิสระ หลังจากนั้นจะยืดต่อไปอีกเป็นระยะเท่ากับระยะที่ถูกกดไว้ และจะหดกลับไปเท่ากับความยาวอิสระอีกครั้งหนึ่ง
4. ในกรณีที่สปริงถูกดึงด้วยแรงอันหนึ่ง ภายหลังเมื่อปล่อยสปริง สปริงจะยุบตัว จนมีระยะเท่ากับ ความยาวอิสระ หลังจากนั้นจะยุบตัวลงไปเป็นระยะเท่ากับระยะที่ถูกดึงไว้ และจะกลับยืดออกจนมีความยาวอิสระอีกครั้ง

7.3 ปรากฏการณ์ที่เกิดจากรถแล่นผ่านลึบบนถนน



พิจารณารถที่มีระบบรองรับเป็นสปริงชนิด เมื่อล้อหน้ากระแทกเข้ากับสันบนถนน สมมติว่าสูง d ขณะที่ยางรถเกิดการกระแทก สปริงจะยุบตัวลงทันที d และหลังจากนั้นสปริงจะยืดตัวกลับไปอยู่ในสภาพเดิม ขณะที่สปริงยืดตัวออกจะดันให้ช่วงหน้าของรถยกสูงขึ้น ทำให้ผู้ขับขี่รถถูกแรงกระแทกให้กระดอนขึ้นไปจากที่นั่งด้วย

ในกรณีที่ระบบรองรับของรถคนดังกล่าว ประกอบด้วยสปริงแต่เพียงอย่างเดียวโดยไม่มีโช้คอัพ สามารถใช้สูตรของการสั่นสะเทือนของสปริงหา เวลาการสั่นสะเทือนของสปริง และ อัตราเร่งของการยืดตัวของสปริงดังนี้

คาบเวลาการสั่นสะเทือนของสปริง

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{d}{a}} \quad \dots\dots\dots (10.1)$$

เมื่อ T = คาบเวลาการสั่นสะเทือนของสปริงที่ยุบและยืดจากปกติจนกับ
มาครบวงจร หน่วย วินาที

d = ระยะสูงสุดของการยุบหรือยืดตัวของสปริงขณะรับน้ำหนัก
หน่วย เมตร

a = อัตราเร่งของการยืดตัวของสปริง หน่วย เมตร/วินาที²

อัตราเร่งของการยืดตัวของสปริง

$$\begin{aligned} T &= 2\pi\sqrt{\frac{d}{a}} \\ T^2 &= (2\pi)^2 \frac{d}{a} \\ a &= \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 d \quad \dots\dots\dots (10.2) \end{aligned}$$

เมื่อ $a =$ อัตราเร่งของการยุบหรือยืดตัวของสปริง หน่วย เมตร/วินาที²

$T =$ ระยะเวลาการยืดหรือตัวของสปริง หน่วย เมตร

$T =$ คาบเวลาการสั่นสะเทือน หน่วย วินาที

จากสมการที่ 1 และสมการที่ 2 จะเห็นว่าคาบเวลาการสั่นสะเทือน(T)

และอัตราเร่งของสปริง (a) ไม่ได้แปลไปตามน้ำหนักที่กดสปริง (ในสมการไม่มีค่าน้ำหนักเกี่ยวข้องอยู่ด้วย) และไม่ได้แปลตามความเร็วของรถแต่ในทางตรงกันข้ามถ้าระบบรองรับของรถที่ประกอบด้วยสปริงใช้คอป อัตราเร่งของการยืดตัวของสปริง จะเพิ่มมากขึ้นเมื่อความเร็วของรถเพิ่มขึ้นคาบเวลาการสั่นสะเทือนของสปริงที่พอดี ได้กล่าวไว้แล้วว่าจากการทดลองความถี่ในการสั่นสะเทือนของสปริงที่จะทำให้ผู้ขับขี่รู้สึกสบายคือ 90 ครั้ง/นาที แต่จากทฤษฎีการสั่นสะเทือน

$$\begin{aligned} \text{ความถี่ในการเคลื่อนที่} \quad (f) &= \frac{1}{T} \\ \text{เมื่อ} \quad f &= 90 \text{ ครั้ง/นาที} \\ T &= \frac{1 \times 60}{90} = 0.67 \text{ วินาที} \quad \dots\dots\dots(10.3) \end{aligned}$$

อัตราเร่งของการยืดตัวของสปริงที่พอดี

$$\begin{aligned} \text{จากสมการที่ 10.2} \quad a &= \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 d \\ \text{เมื่อ} \quad T &= 0.67 \text{ วินาที} \\ a &= \left(\frac{2\pi}{0.67}\right)^2 d \\ a &= 87.94 \text{ d} \quad \dots\dots\dots(10.4) \end{aligned}$$

สำหรับรถที่ใช้สปริงเป็นระบบรองรับแต่เพียงอย่างเดียว จากการทดลองปรากฏว่าเมื่อล้อชนกระแทก

สันบนถนนที่มีความสูงอันหนึ่ง ผลของแรงกระแทกจะมีต่อผู้ขับขี่ภายหลังจากการกระแทกเป็นเวลา 0.33 วินาที

ตัวอย่างที่ 1 รถยนต์คันหนึ่งแล่นผ่านสันบนถนนสูง 50 มิลลิเมตร ถ้าระบบรองรับของรถยนต์คันนี้ประกอบด้วยสปริงที่มีคาบของการสั่นสะเทือน 100 ครั้ง/นาที

จงหา 1. ความถี่ในการสั่นสะเทือน 2. อัตราเร่งที่เกิดจากการสั่นสะเทือน

วิธีทำ 1. หาความถี่ในการสั่นสะเทือน

$$T = \frac{1}{f}$$

เมื่อ $f = 100$ ครั้ง/นาที

$$T = \frac{1 \times 60}{100} = 0.6 \text{ วินาที}$$

2. หาอัตราเร่งที่เกิดจากการสั่นสะเทือน

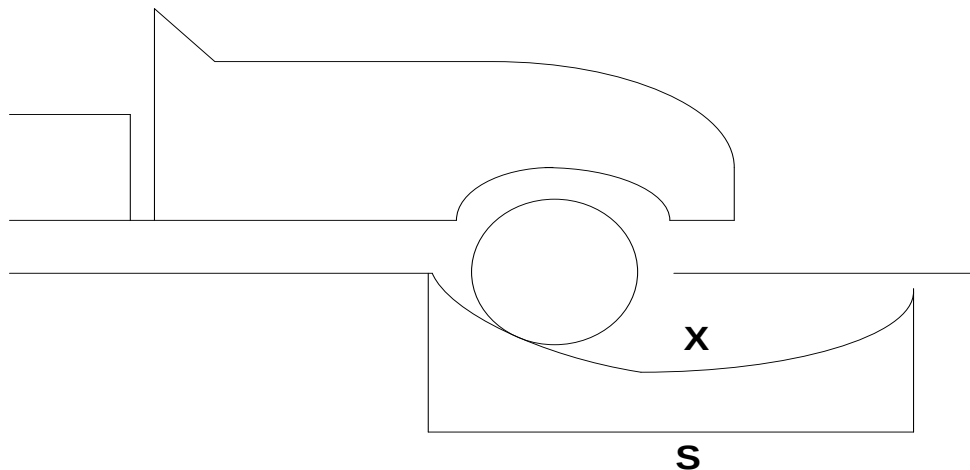
$$a = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 d$$

เมื่อ $T = 0.6$ วินาที

$d = 50$ มิลลิเมตร = 0.05 เมตร

$$\begin{aligned} a &= \left(\frac{2\pi}{0.6}\right)^2 \times 0.05 \\ &= 5.48 \text{ เมตร/วินาที}^2 \end{aligned}$$

7.4 ปรากฏการณ์ที่เกิดจากรถแล่นผ่านแอ่งบนถนน



ขณะที่รถแล่นผ่านแอ่งบนถนน จะทำให้สปริงของระบบรองรับมีการหดและยืดตัว คล้ายคลึงกับปรากฏการณ์ที่เกิดจากรถแล่นสะดุดสันบนถนน แต่ปรากฏการณ์ที่รถแล่นผ่านแอ่งบนถนนเฟดเตอร์ที่เกี่ยวข้องจะมีทั้งน้ำหนักของมวลรถส่วนที่อยู่เหนือสปริง น้ำหนักของมวลรถส่วนที่อยู่ใต้สปริงและความเร็วของรถ

สิ่งที่ต้องการหาจากการที่รถแล่นผ่านแอ่งบนถนนมี ดังนี้

1. ความกว้างและความลึกของแอ่งบนถนนที่ล้อของรถจะยังและพื้นตลอดเวลา
2. อัตราเร่งที่เกิดบนมวล ของรถส่วนที่อยู่เหนือสปริง

7.5 การหาความกว้างของแอ่งบนถนน ในการวิเคราะห์ปรากฏการณ์ที่รถแล่นผ่านแอ่งบนถนน ดังกล่าวจะต้องสมมุติฐานดังนี้

1. ล้อหน้าของรถจะตกไปบนแอ่งพร้อมกันทั้งสองล้อ
2. แอ่งบนถนนมีรูปร่างเป็นกราฟรูปไซน์
3. มวลของรถส่วนเหนือสปริงแบ่งออกเป็นสองช่วงคือ มวลล้อหน้า (W_f) และมวลล้อหลัง (W_r) โดยที่มวลทั้งสองส่วนเคลื่อนที่ขึ้นและลงไปอย่างเป็นอิสระ

กำหนดให้ คาบเวลาการเคลื่อนที่ของสปริงล้อหน้าที่เกิดจากมวลเหนือสปริงเมื่อครบหนึ่งรอบ คือ T_f

ดังนั้น ความถี่ของสปริงล้อหน้า $f = \frac{1}{T_f}$

กำหนดให้ คาบเวลาของการเคลื่อนที่ของสปริงล้อหน้าที่เกิดจากมวลใต้สปริง เมื่อครบหนึ่งรอบ คือ t_f

จากทฤษฎีของการสั่นสะเทือน

$$\frac{t_f}{T_f} = \sqrt{\frac{W_f}{W_r}}$$

$$\therefore t_f = T_f \sqrt{\frac{W_f}{W_r}} \quad \dots\dots\dots (10.5)$$

ถ้าความกว้างของแอ่งถนนที่วัดในแนวระดับ คือ S เมตร

ความเร็วของรถ คือ V เมตร/วินาที

เพราะฉะนั้นเวลาในการเคลื่อนที่ของรถผ่านแอ่ง $t = \frac{S}{V}$ วินาที

ถ้ารถแล่นผ่านแอ่งบนถนน โดยให้ล้อแต่ละพื้นตลอดเวลา รถต้องแล่นช้า กล่าวคือ ระยะเวลาที่ใช้เมื่อแล่นผ่านแอ่ง (t) จะต้องมากกว่าเวลาที่สปริงยืดหรือยุบตัวครึ่งรอบ ($t_f/2$) เสมอ หรืออย่างน้อยเวลาทั้งสองต้องเท่ากัน

$$\text{นั่นคือ } t = \frac{S}{V} = \frac{t_f}{2}$$

$$\text{หรือ } t_f = \frac{2S}{V} \quad \dots\dots\dots (10.6)$$

$$\text{แต่ } t_f = T_f \frac{W_f}{W_r}$$

$$\therefore t_f = \frac{W_f}{W_r} = \frac{2S}{V} \quad \dots\dots\dots (10.7)$$

เมื่อ t_f = คาบเวลาของการเคลื่อนที่ของสปริงล้อยหน้าที่เกิดจากมวลได้สปริง หน่วย วินาที
 T_f = คาบเวลาของการเคลื่อนที่ของสปริงล้อยหน้า ที่เกิดจากมวลเหนือสปริง หน่วย วินาที

W_f = น้ำหนักมวลได้สปริงที่กดบนล้อยหน้า หน่วย นิวตัน

W_t = น้ำหนักของมวลเหนือสปริงที่กดลงบนล้อยหน้า หน่วย

S = ความกว้างของแอ่ง หน่วย เมตร

V = ความเร็วขณะแล่นผ่านแอ่ง หน่วย เมตร/วินาที

สรุป สมการ แสดงถึงความสัมพันธ์ความเร็วรถ ความกว้างของแอ่ง คาบเวลาของการเคลื่อนที่ของสปริงที่เกิดจากมวลได้สปริง คาบเวลาของการเคลื่อนที่ของสปริง ที่ล้อยเกิดจากมวลเหนือสปริง มวลได้สปริงและมวลเหนือสปริงที่กดลงบนล้อยนั้นๆ

ความกว้างของแอ่งบนถนนน้อยที่สุดที่รถสามารถแล่นผ่านได้โดยล้อยังแตะพื้นตลอดเวลา สามารถหาได้จากสมการ คือ

$$S = \frac{VT_f}{2} \sqrt{\frac{W_f}{W_t}} \dots\dots\dots (10.8)$$

ตัวอย่างที่ 2 ระบบรองรับของรถที่จะทำให้ ผู้ขับรู้สึกสบายคือ สปริงต้องมีความถี่ประมาณ 90 ครั้ง/นาที ถ้ารถยนต์แล่นด้วยความเร็ว 13.2 เมตร/วินาที (47.5 กม./ชม.) โดยมีน้ำหนักของมวลได้สปริงที่กดลงบนล้อยหน้า 2450 นิวตัน จะผ่านแอ่งที่มีความกว้างอย่างน้อยเท่าไร ล้อยจึงจะแตะพื้นตลอดเวลา

วิธีทำ

จากสมการที่ 10.8

$$S = \frac{VT_f}{2} \sqrt{\frac{W_f}{W_t}}$$

เมื่อ

$$V = 13.2 \text{ m/sec}$$

$$T_f = \frac{1}{f} = \frac{1 \times 60}{90} = 0.67 \text{ sec}$$

$$W_f = 490 \text{ N}$$

$$W_t = 2450 \text{ N}$$

แทนค่า

$$S = \frac{13.2 \times 0.67}{2} \sqrt{\frac{490}{2450}}$$

$$= 1.98 \text{ m}$$

การหาความลึกของแอ่งบนถนน ขณะที่สปริงของรถรองรับน้ำหนักของมวลเหนือสปริงจะทำให้สปริงยุบตัวลงเป็นระยะอันหนึ่ง เมื่อรถแล่นผ่านแอ่งบนถนน มวลของรถส่วนที่อยู่เหนือสปริงจะยังไม่เคลื่อนที่ตามลงมาทันที แต่จะยังคงเคลื่อนที่ไปในแนวระดับเช่นเดิม มวลส่วนที่จะเคลื่อนที่ลงและจะทำให้ล้อรถแตะพื้นอยู่ตลอดเวลาคือมวลของรถได้สปริงมวลของรถได้สปริงจะพยายามยืดสปริงออกและจะยืดได้โดยสะดวกเท่ากับระยะของสปริงที่ยุบตัวลงในตอนแรกเนื่องจากการกดของมวลเหนือสปริง

ในความเป็นจริงนอกจากสปริงจะยืดตัวได้สะดวกเท่ากับระยะของสปริงที่ยุบตัวลงเมื่อโดนกดจากมวลเหนือสปริงแล้ว สปริงจะยังสามารถยืดตัวต่อไปได้อีกด้วย น้ำหนักที่เกิดจากมวลได้สปริง ดังนั้นระยะความลึกของแอ่งบนถนนที่รถแล่นผ่าน โดยที่ล้อสามารถแตะพื้นตลอดเวลาจะหาได้ดังนี้

$$X = d \left(1 + \frac{W_f}{W_f} \right) \dots\dots\dots (10.9)$$

เมื่อ	X = ความลึกของแอ่งบนถนน	หน่วย	เมตร
	d = ระยะสปริงยุบตัวที่เกิดจากการกดของมวลเหนือสปริง	หน่วย	เมตร
	W_f = น้ำหนักของมวลได้สปริง	หน่วย	นิวตัน
	W_f = น้ำหนักของมวลเหนือสปริง	หน่วย	นิวตัน

การหาอัตราเร่งที่เกิดบนมวลของรถส่วนที่อยู่เหนือสปริง ขณะที่รถแล่นผ่านแอ่งบนถนน โดยที่ล้อรถยังแตะพื้นถนนตลอดเวลา จะเกิดอัตราเร่งบนมวลของรถได้สปริง ในทิศทางพุ่งลงสู่พื้นถนน

ในกรณีที่ความถี่ในการสั่นของสปริงขณะรถแล่นผ่านแอ่งบนถนน ไม่เท่ากับความถี่ตามธรรมชาติของสปริง สามารถหาความสัมพันธ์ของเฟลคเตอร์ต่าง ๆ ได้ ดังนี้

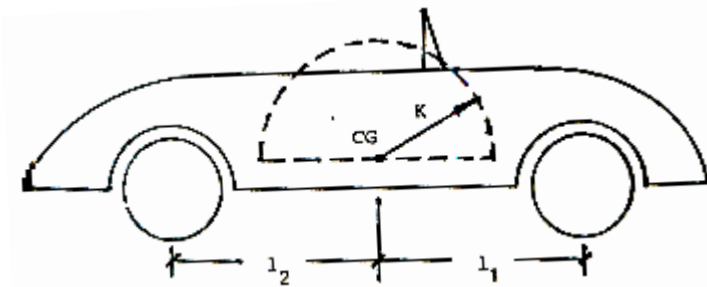
จากกฎของ นิวตัน แรง = มวล $\times$ อัตราเร่ง

$$F = \frac{W_f}{g} a_f = \frac{W_f}{g} A_f \dots\dots\dots (10.10)$$

เมื่อ	F = แรงที่เกิดจากอัตราเร่ง
	W_f = น้ำหนักของมวลได้สปริง
	W_f = น้ำหนักของมวลเหนือสปริง
	a_f = อัตราเร่งของมวลได้สปริง
	A_f = อัตราเร่งของมวลเหนือสปริง

$$\text{หรือ} \quad A_f = \frac{W_f}{W_f} a_f \dots\dots\dots (10.11)$$

ปรากฏการณ์ที่รถกระเพื่อมขึ้นลง ได้กล่าวถึงการที่รถแล่นสะดุดบนถนนและแล่นผ่านแอ่งบนถนน แต่ทั้งสองหัวข้อได้สมมุติว่าระบบรองรับของล้อหน้าและระบบรองรับของล้อหลังต่างเป็นอิสระ และไม่มีผลต่อเนื่องกัน แต่ในความเป็นจริงระบบรองรับของล้อหน้าและระบบรองรับของล้อหลังมีความสัมพันธ์ต่อกัน เมื่อระบบรองรับล้อหน้าทำงานจะมีผลต่อเนื่อง ทำให้ระบบรองรับของล้อหลังทำงานด้วย



เมื่อรถแล่นผ่านสันและแอ่งบนถนน ขณะล้อหน้าของรถเริ่มผ่าน

แอ่ง สปริงล้อหน้าจะยืดตัวออกเพื่อให้ล้อแตะพื้นตลอดเวลา หลังจากนั้น ช่วงเวลาหนึ่งสปริงล้อหน้าจะยุบตัวลง พร้อมกับดึงมวลของรถส่วนที่อยู่เหนือสปริงยุบตัวลงด้วย เมื่อมวลของรถส่วนเหนือสปริงของล้อหน้ายุบตัวลงจะทำให้ส่วนท้ายรถกระดกขึ้น มีผลต่อเนื่องทำให้รถกระเพื่อมขึ้นลง ลักษณะการยุบและกระดกตัวของมวลของรถเหนือสปริงหรือตัวถังรถจะกระทำรอบจุดศูนย์กลางของรถ โดยมีคาบเวลาในการกระเพื่อมขึ้นลงดังสมการ 10.12

$$t = 2\pi \sqrt{\frac{d}{a} \times \frac{K^2}{l_1 \times l_2}} \dots\dots\dots (10.12)$$

เมื่อ t = คาบเวลาในการกระเพื่อมขึ้นลง

d = ระยะการยุบหรือยืดตัวของสปริงขณะรับน้ำหนักสูงสุด

a = อัตราเร่งของการยืดตัวของสปริง

k = เวกเตอร์ของโมเมนต์เฉื่อยของรถ

L_1 = ระยะของล้อหน้าถึงจุดศูนย์กลางถ่วงของรถ

L_2 = ระยะของล้อหลังถึงจุดศูนย์กลางถ่วงของรถ

สรุปเนื้อหา

ระบบรองรับ

ระบบรองรับของรถยนต์ เป็นอุปกรณ์ที่ลดความสั่นสะเทือนในขณะที่รถยนต์แล่นไปตามถนน

10.3.1 คาบเวลาการสั่นสะเทือนของสปริง

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{d}{a}} \dots\dots\dots (10.1)$$

10.3.2 อัตราเร่งของการยืดตัวของสปริง

$$a = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 d \dots\dots\dots (10.2)$$

$$\text{ความถี่ในการเคลื่อนที่ (f)} = \frac{1}{T}$$

เมื่อ $f = 90$ ครั้ง/นาที

$$T = \frac{1 \times 60}{90} = 0.67 \text{ วินาที} \dots\dots\dots (10.3)$$

อัตราเร่งของการยืดตัวของสปริงที่พอดี

จากสมการที่ 10.2 $a = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 d$

เมื่อ $T = 0.67$ วินาที

$$a = \left(\frac{2\pi}{0.67}\right)^2 d$$

$$a = 87.94 \text{ d}$$

$$S = \frac{VT_f}{2} \sqrt{\frac{W_f}{W_f}}$$

การหาความลึกของแอ่งบนถนน

$$X = d \left(1 + \frac{W_f}{W_f} \right)$$

การหาอัตราเร่งที่เกิดบนมวลของรถส่วนที่อยู่เหนือสปริง

$$F = \frac{W_f}{g} a_f = \frac{W_f}{g} A_f$$

$$A_f = \frac{W_f}{W_f} a_f$$

$$t = 2\pi \sqrt{\frac{d}{a} \times \frac{K^2}{l_1 \times l_2}}$$

กิจกรรมการเรียนรู้การสอน

ชั้นนำเข้าสู่บทเรียน

1. ครูร่วมสนทนากับนักศึกษาเกี่ยวกับเรื่องที่เรียนในสัปดาห์ที่ผ่านมา (5 นาที)

ขั้นดำเนินการสอน

1. ครูผู้สอนให้นักศึกษาทดสอบเรื่อง กลไกการบังคับเลี้ยว ใช้เวลา 30 นาที
2. ครูเฉลยแบบทดสอบ 20 นาที
3. ครูแจกใบเนื้อหาประกอบการสอนเรื่อง ระบบรองรับน้ำหนัก (10 นาที)
4. ครูผู้สอนอธิบายตาม Power point และใบเนื้อหาประกอบการสอน โดยอธิบายพร้อมยกตัวอย่างประกอบพร้อมทั้งเขียนลงบนกระดาน ในขณะที่สอนครูให้นักเรียนตอบคำถามและร่วมแสดงความคิดเห็น (50 นาที)
5. นักศึกษาทำแบบฝึกหัด สัปดาห์ที่ 13

ขั้นสรุป

1. ครูให้นักศึกษาสรุปเนื้อหาเกี่ยวกับเรื่องที่สอนและสุ่มถามนักศึกษา (20 นาที)
2. ครูผู้สอนให้นักศึกษาถามข้อสงสัย และคอยชี้แจง (10 นาที)
3. ครูผู้สอนนัดหมายสอบในเรื่องที่เรียนวันนี้ในสัปดาห์หน้า (5 นาที)

สื่อการเรียนรู้การสอน

1. ใบความรู้เรื่อง ระบบรองรับน้ำหนัก
2. Power point
3. กระดาน
4. แบบฝึกหัด สัปดาห์ที่ 13
5. เฉลยแบบฝึกหัด สัปดาห์ที่ 13
6. แบบทดสอบ สัปดาห์ที่ 13
7. เฉลยแบบทดสอบ สัปดาห์ที่ 13

การวัดผลและประเมินผล

1. สังเกตจากการอธิบายหน้าที่ของระบบรองรับได้อย่างถูกต้อง
2. สังเกตจากการบอกคุณสมบัติของสปริงได้อย่างถูกต้อง
3. สังเกตจากการบอกชนิดของสปริงได้อย่างถูกต้อง
4. สังเกตจากการบอกความสำคัญของสปริงได้อย่างถูกต้อง
5. สังเกตจากการสามารถคำนวณหาปรากฏการณ์ที่เกิดจากรถแล่นผ่านสันบนถนนได้อย่างถูกต้อง
6. สังเกตจากการคำนวณหาปรากฏการณ์ที่เกิดจากรถแล่นผ่านแอ่งบนถนนได้อย่างถูกต้อง
7. สังเกตจากการคำนวณหาปรากฏการณ์ที่รถกระเพื่อมขึ้นลงได้อย่างถูกต้อง

บันทึกหลังการสอน

ผลการใช้แผนการสอน.....

.....

ผลการเรียนของนักศึกษา.....

.....

หลังเรียน.....

.....

Power point สัปดาห์ที่ 13

7.1 หน้าที่ของระบบรองรับ

ระบบรองรับของรถยนต์ เป็นอุปกรณ์ที่ลดความสั่นสะเทือนในขณะที่รถยนต์แล่นไปตามถนน

กล่าวคือ ขณะที่รถยนต์แล่นผ่านถนนขรุขระ ล้อของรถยนต์จะเกิดการสั่นสะเทือน จะส่งผลทำให้รถยนต์ทั้งคัน

เกิดการสะเทือนด้วย สปริงซึ่งเป็นอุปกรณ์ต่อเชื่อมระหว่างล้อและตัวถังรถยนต์จะยืดหรือหดตัวไปตามจังหวะการสั่นสะเทือนนั้น การยืดหดตัวของสปริงจะช่วยลดการสั่นสะเทือน การยืดหรือหดตัวของสปริงจะช่วยลดอาการสั่นสะเทือนที่เกิดจากล้อผ่านไปยังตัวถัง



รูปที่ 7.1 ระบบรองรับ

คุณลักษณะที่สำคัญที่สุดของสปริงในระบบรองรับ คือ ระยะเวลายุบตัวของสปริงขณะที่รับน้ำหนักสูงสุด โดยที่แฟกเตอร์ดังกล่าวสามารถเป็นตัวบ่งบอกส่งต่อไปนี้

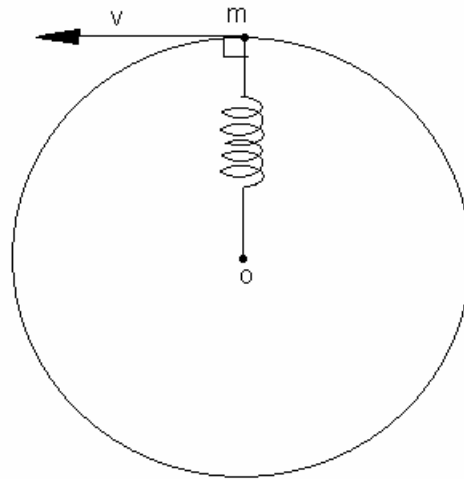
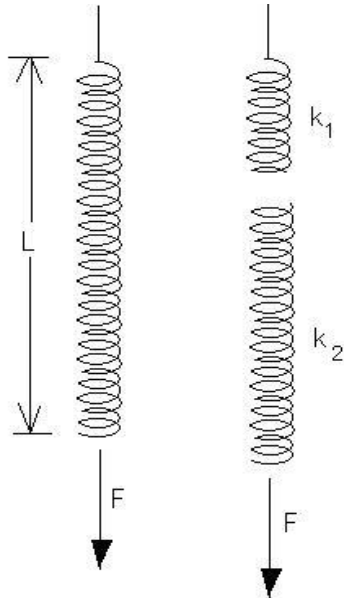
- 1.ความถี่ในการเคลื่อนที่ของสปริง กล่าวคือถ้าสปริงมีการเคลื่อนที่ (ยุบและยืด) ในอัตราที่พอเหมาะจะทำให้ผู้โดยสารของยานยนต์นั้นมีความสบาย ความถี่ในการเคลื่อนที่ของสปริงที่พอดีประมาณ 90 ครั้งต่อนาที
- 2.ความนิ่มของสปริงและความสามารถในการดูดซับแรงกระแทก ซึ่งหมายความว่า ถ้าสปริงมีระยะเวลายุบตัวมาก จะแสดงว่าสปริงนั้นมีความนิ่มมาก การขับขี่ยานยนต์จะมีความนิ่มนวลมากขึ้นด้วย

Power point แสดงคุณสมบัติของสปริง

7.2 คุณสมบัติของสปริง

คุณสมบัติตามธรรมชาติของสปริงจะเป็นไปดังต่อไปนี้

1. เมื่อปล่อยสปริงเป็นอิสระสปริงจะมีความยาวอันหนึ่ง



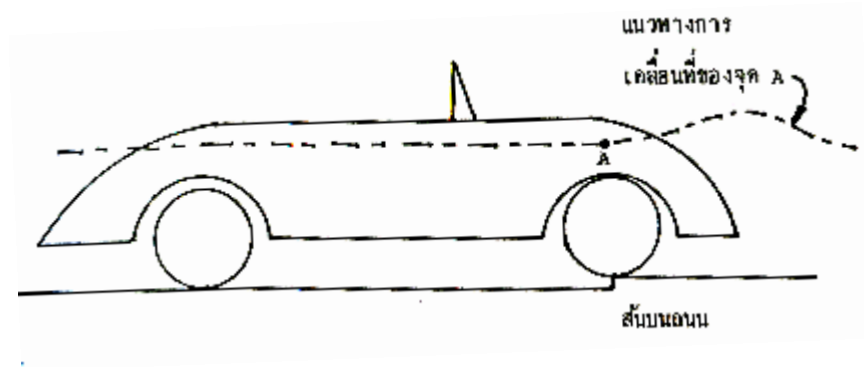
2. เมื่อกดหรือดึงสปริงด้วยแรงที่เท่ากันอันหนึ่งสปริงจะยุบหรือ ยืดตัวจากความยาวอิสระเป็นระยะเท่ากัน

3. ในกรณีที่กดสปริงด้วยแรงอันหนึ่ง ภายหลังเมื่อปล่อยสปริง สปริงจะยืดตัวออกจนมีระยะเท่ากับความยาวอิสระ หลังจากนั้นจะยืดต่อไปอีกเป็นระยะเท่ากับระยะที่ถูกกดไว้ และจะหดกลับไปเท่ากับความยาวอิสระอีกครั้งหนึ่ง

4. ในกรณีที่สปริงถูกดึงด้วยแรงอันหนึ่ง ภายหลังเมื่อปล่อยสปริง สปริงจะยุบตัว จนมีระยะเท่ากับความยาวอิสระ หลังจากนั้นจะยุบตัวลงไปเป็นระยะเท่ากับระยะที่ถูกดึงไว้ และจะกลับยืดออกจนมีความยาวอิสระอีกครั้ง

Power point แสดงปรากฏการณ์ที่เกิดจากการเล่นผ่านถนนแบบต่าง ๆ

7.3 ปรากฏการณ์ที่เกิดจากรถเล่นผ่านสับบนถนน



อัตราเร่งของการยืดตัวของสปริงที่พอดี

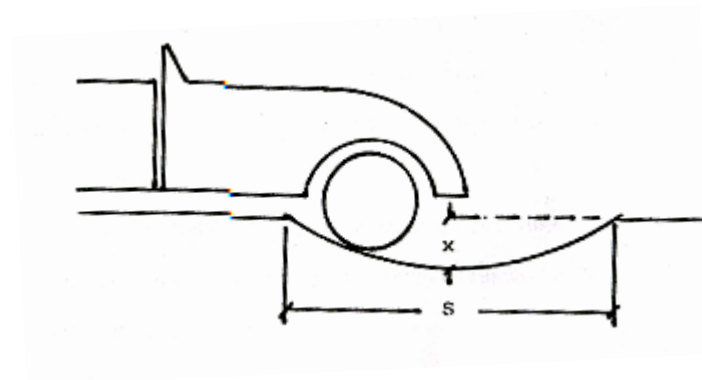
จากสมการที่ 10.2 $a = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 d$

เมื่อ $T = 0.67$ วินาที

$$a = \left(\frac{2\pi}{0.67}\right)^2 d$$

$$a = 87.94 d$$

7.4 ปรากฏการณ์ที่เกิดจากรถเล่นผ่านแอ่งบนถนน

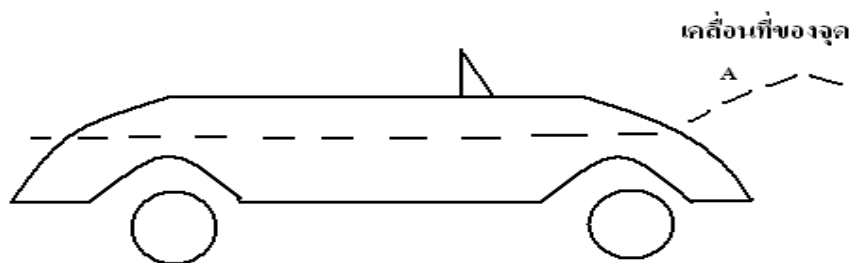


การหาความลึกของแอ่งบนถนน

$$X = d \left(1 + \frac{W_f}{W_f} \right)$$

7.5 ปรากฏการณ์ที่รถกระเพื่อมขึ้นลง

ในหัวข้อ 10.3 และหัวข้อ 10.4 ได้กล่าวถึงการที่รถแล่นสะดุดบนถนนและแล่นผ่านแอ่งบนถนน แต่ทั้งสองหัวข้อได้สมมุติว่าระบบรองรับของล้อหน้าและระบบรองรับของล้อหลังต่างเป็นอิสระ และไม่มีผลต่อเนื่องกัน แต่ในความเป็นจริงระบบรองรับของล้อหน้าและระบบรองรับของล้อหลังมีความสัมพันธ์ต่อกัน เมื่อระบบรองรับล้อหน้าทำงานจะมีผลต่อเนื่องทำให้ระบบรองรับของล้อหลังทำงานด้วย



การหาการกระเพื่อมขึ้นลง

$$t = 2\pi \sqrt{\frac{d}{a} \times \frac{K^2}{l_1 \times l_2}}$$

Power point แสดงการคำนวณหาความถี่และอัตราเร่งในการสั่นสะเทือน

1. รถยนต์คันหนึ่งแล่นผ่านสันบนถนนสูง 50 มิลลิเมตร ถ้าระบบรองรับของรถยนต์คันนี้ประกอบด้วยสปริงที่มีคาบของการสั่นสะเทือน 100 ครั้ง/นาที

จงหา 1. ความถี่ในการสั่นสะเทือน 2. อัตราเร่งที่เกิดจากการสั่นสะเทือน

วิธีทำ 1. หาความถี่ในการสั่นสะเทือน

$$T = \frac{1}{f}$$

เมื่อ

$$f = 100 \text{ ครั้ง/นาที}$$

$$T = \frac{1 \times 60}{100} = 0.6 \text{ วินาที}$$

2. หาอัตราเร่งที่เกิดจากการสั่นสะเทือน

$$a = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 d$$

เมื่อ

$$T = 0.6 \text{ วินาที}$$

$$d = 50 \text{ มิลลิเมตร} = 0.05 \text{ เมตร}$$

$$\begin{aligned} a &= \left(\frac{2\pi}{0.6}\right)^2 \times 0.05 \\ &= 5.48 \text{ เมตร/วินาที}^2 \end{aligned}$$

แบบฝึกหัด สัปดาห์ที่ 13

1. รถลากจูงคันหนึ่ง ใช้ระบบการเลี้ยวแบบเทอร์นเทเบิล มีระยะต่างๆ ดังนี้ $W = 2.75 \text{ m}$, $L = 4.95 \text{ m}$, $T = 1.382 \text{ m}$, $H = 1.370 \text{ m}$ จงหามุมเลี้ยว a และรัศมีการเลี้ยวของล้อทั้งสี่
(ตอบ $a = 29.05$ องศา , $S_f = 4.97 \text{ m}$, $R_f = 6.35 \text{ m}$, $S_r = 4.265 \text{ m}$, $R_r = 5.635 \text{ m}$)

2. รถยนต์คันหนึ่งแล่นผ่านสันบนถนนสูง 50 มิลลิเมตร ถ้าระบบรองรับของรถยนต์คันนี้ประกอบด้วยสปริงที่มีความสามารถในการสั่นสะเทือน 100 ครั้ง/นาทิจงหา 1. ความถี่ในการสั่นสะเทือน 2. อัตราเร่งที่เกิดจากการสั่นสะเทือน

3. ระบบรองรับของรถที่จะทำให้ ผู้ขับขี่รู้สึกสบายคือ สปริงต้องมีความถี่ประมาณ 90 ครั้ง/นาทิจถารถยนต์แล่นด้วยความเร็ว 13.2 เมตร/วินาที (47.5 กม./ชม.) โดยมีน้ำหนักของมวลได้สปริงที่กดลงบนล้อหน้า 2450 นิวตัน จะผ่านแ่งที่มีความกว้างอย่างน้อยเท่าไร ล้อจึงจะแตะพื้นตลอดเวลา

เฉลยแบบฝึกหัด ลำดับที่ 13

1. รถลากจูงคันหนึ่ง ใช้ระบบการเลี้ยวแบบเทอร์นเทเบิล มีระยะต่างๆ ดังนี้ $W = 2.75 \text{ m}$, $L = 4.95 \text{ m}$, $T = 1.382 \text{ m}$, $H = 1.370 \text{ m}$ จงหามุมเลี้ยว a และรัศมีการเลี้ยวของล้อทั้งสี่

วิธีทำ

$$Q = \sqrt{W^2 + L^2} \qquad W^2 = 2.75^2 \text{ m}$$

$$= \sqrt{2.75^2 + 4.95^2} \qquad L^2 = 4.95^2 \text{ m}$$

$$= 5.66 \text{ m} \qquad Q = ?$$

$$\text{Cot } a = \frac{L}{W} \qquad L = 4.95 \text{ m}$$

$$= \frac{4.95}{2.75} \qquad \text{Cot } a = ?$$

$$a = 29.05^\circ \qquad T = 1.382 \text{ m}$$

$$S_f = Q - \frac{T}{2} \qquad S_f = ?$$

$$= 5.66 - \frac{1.382}{2} \qquad R_f = ?$$

$$= 4.97 \text{ m} \qquad S_f = ?$$

$$R_f = Q + \frac{T}{2} \qquad R_f = ?$$

$$= 5.66 + \frac{1.382}{2} \qquad S_r = ?$$

$$= 6.35 \text{ m} \qquad H = 1.370 \text{ m}$$

$$S_r = L - \frac{H}{2} \qquad R_r = ?$$

$$= 4.95 - \frac{1.370}{2}$$

$$= 4.265 \text{ m}$$

$$R_r = L + \frac{H}{2}$$

$$= 4.95 + \frac{1.370}{2}$$

$$= 5.635 \text{ m}$$

2. รถยนต์คันหนึ่งแล่นผ่านสันบนถนนสูง 50 มิลลิเมตร ถ้าระบบรองรับของรถยนต์คันนี้ประกอบด้วยสปริงที่มีคาบของการสั่นสะเทือน 100 ครั้ง/นาที

จงหา 1. ความถี่ในการสั่นสะเทือน 2. อัตราเร่งที่เกิดจากการสั่นสะเทือน

วิธีทำ 1. หาความถี่ในการสั่นสะเทือน

$$T = \frac{1}{f}$$

เมื่อ $f = 100$ ครั้ง/นาที

$$T = \frac{1 \times 60}{100} = 0.6 \text{ วินาที}$$

2. หาอัตราเร่งที่เกิดจากการสั่นสะเทือน

$$a = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 d$$

เมื่อ $T = 0.6$ วินาที

$d = 50$ มิลลิเมตร = 0.05 เมตร

$$a = \left(\frac{2\pi}{0.6}\right)^2 \times 0.05$$

$$= 5.48 \text{ เมตร/วินาที}^2$$

3. ระบบรองรับของรถที่จะทำให้ ผู้ขับขี่รู้สึกสบายคือ สปริงต้องมีความถี่ประมาณ 90 ครั้ง/นาที ถ้ารถยนต์แล่นด้วยความเร็ว 13.2 เมตร/วินาที (47.5 กม./ชม.) โดยมีน้ำหนักของมวลได้สปริงที่กดลงบนล้อหน้า 2450 นิวตัน จะผ่านแอ่งที่มีความกว้างอย่างน้อยเท่าไร ล้อจึงจะแตะพื้นตลอดเวลา

วิธีทำ

จากสมการที่ 10.8

$$S = \frac{VT_f}{2} \sqrt{\frac{W_f}{W_f}}$$

เมื่อ

$$V = 13.2 \text{ m/sec}$$

$$T_f = \frac{1}{f} = \frac{1 \times 60}{90} = 0.67 \text{ sec}$$

$$W_f = 490 \text{ N}$$

$$W_f = 2450 \text{ N}$$

แทนค่า

$$S = \frac{13.2 \times 0.67}{2} \sqrt{\frac{490}{2450}}$$

$$= 1.98 \text{ m}$$

แบบทดสอบ สัปดาห์ที่ 13

1. รถลากจูงคันหนึ่ง ใช้ระบบการเลี้ยวแบบเทอร์นเทเบิล มีระยะต่างๆ ดังนี้ $W = 2.75 \text{ m}$, $L = 4.95 \text{ m}$, $T = 1.382 \text{ m}$, $H = 1.370 \text{ m}$ จงหามุมเลี้ยว a และรัศมีการเลี้ยวของล้อทั้งสี่
(ตอบ $a = 29.05$ องศา , $S_f = 4.97 \text{ m}$, $R_f = 6.35 \text{ m}$, $S_r = 4.265 \text{ m}$, $R_r = 5.635 \text{ m}$)

2. รถยนต์คันหนึ่งแล่นผ่านสันบนถนนสูง 50 มิลลิเมตร ถ้าระบบรองรับของรถยนต์คันนี้ประกอบด้วยสปริงที่มีความสามารถในการสั่นสะเทือน 100 ครั้ง/นาที
จงหา 1. ความถี่ในการสั่นสะเทือน 2. อัตราเร่งที่เกิดจากการสั่นสะเทือน

3. ระบบรองรับของรถที่จะทำให้ ผู้ขับขี่รู้สึกสบายคือ สปริงต้องมีความถี่ประมาณ 90 ครั้ง/นาที ถ้ารถยนต์แล่นด้วยความเร็ว 13.2 เมตร/วินาที (47.5 กม./ชม.) โดยมีน้ำหนักของมวลได้สปริงที่กดลงบนล้อหน้า 2450 นิวตัน จะผ่านแอ่งที่มีความกว้างอย่างน้อยเท่าไร ล้อจึงจะแตะพื้นตลอดเวลา

เฉลยแบบทดสอบ สัปดาห์ที่ 13

1. รถลากจูงคันหนึ่ง ใช้ระบบการเลี้ยวแบบเทอรันเทเบิ้ล มีระยะต่างๆ ดังนี้ $W = 2.75 \text{ m}$, $L = 4.95 \text{ m}$, $T = 1.382 \text{ m}$, $H = 1.370 \text{ m}$ จงหามุมเลี้ยว a และรัศมีการเลี้ยวของล้อทั้งสี่

วิธีทำ

$$Q = \sqrt{W^2 + L^2} \qquad W^2 = 2.75^2 \text{ m}$$

$$= \sqrt{2.75^2 + 4.95^2} \qquad L^2 = 4.95^2 \text{ m}$$

$$= 5.66 \text{ m} \qquad Q = ?$$

$$\text{Cot } a = \frac{L}{W} \qquad L = 4.95 \text{ m}$$

$$= \frac{4.95}{2.75} \qquad \text{Cot } a = ?$$

$$a = 29.05^\circ \qquad T = 1.382 \text{ m}$$

$$S_f = Q - \frac{T}{2} \qquad S_f = ?$$

$$= 5.66 - \frac{1.382}{2} \qquad R_f = ?$$

$$= 4.97 \text{ m} \qquad S_f = ?$$

$$R_f = Q + \frac{T}{2} \qquad R_f = ?$$

$$= 5.66 + \frac{1.382}{2} \qquad S_r = ?$$

$$= 6.35 \text{ m} \qquad H = 1.370 \text{ m}$$

$$S_r = L - \frac{H}{2} \qquad R_r = ?$$

$$= 4.95 - \frac{1.370}{2}$$

$$= 4.265 \text{ m}$$

$$R_r = L + \frac{H}{2}$$

$$= 4.95 + \frac{1.370}{2}$$

$$= 5.635 \text{ m}$$

2. รถยนต์คันหนึ่งแล่นผ่านสันบนถนนสูง 50 มิลลิเมตร ถ้าระบบรองรับของรถยนต์คันนี้ประกอบด้วยสปริงที่มีคาบของการสั่นสะเทือน 100 ครั้ง/นาที

จงหา 1. ความถี่ในการสั่นสะเทือน 2. อัตราเร่งที่เกิดจากการสั่นสะเทือน

วิธีทำ 1. หาความถี่ในการสั่นสะเทือน

$$T = \frac{1}{f}$$

เมื่อ $f = 100$ ครั้ง/นาที

$$T = \frac{1 \times 60}{100} = 0.6 \text{ วินาที}$$

2. หาอัตราเร่งที่เกิดจากการสั่นสะเทือน

$$a = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 d$$

เมื่อ $T = 0.6$ วินาที

$d = 50$ มิลลิเมตร = 0.05 เมตร

$$a = \left(\frac{2\pi}{0.6}\right)^2 \times 0.05$$

$$= 5.48 \text{ เมตร/วินาที}^2$$

3. ระบบรองรับของรถที่จะทำให้ ผู้ขับขี่รู้สึกสบายคือ สปริงต้องมีความถี่ประมาณ 90 ครั้ง/นาที ถ้ารถยนต์แล่นด้วยความเร็ว 13.2 เมตร/วินาที (47.5 กม./ชม.) โดยมีน้ำหนักของมวลได้สปริงที่กดลงบนล้อหน้า 2450 นิวตัน จะผ่านแอ่งที่มีความกว้างอย่างน้อยเท่าไร ล้อจึงจะแตะพื้นตลอดเวลา

วิธีทำ

จากสมการที่ 10.8

$$S = \frac{VT_f}{2} \sqrt{\frac{W_f}{W_f}}$$

เมื่อ

$$V = 13.2 \text{ m/sec}$$

$$T_f = \frac{1}{f} = \frac{1 \times 60}{90} = 0.67 \text{ sec}$$

$$W_f = 490 \text{ N}$$

$$W_f = 2450 \text{ N}$$

แทนค่า

$$S = \frac{13.2 \times 0.67}{2} \sqrt{\frac{490}{2450}}$$

$$= 1.98 \text{ m}$$