

สอนครั้งที่ 9

หน่วยที่ 4

เรื่อง การกระจายน้ำหนักและการทรงตัวของยานยนต์

	แผนการจัดการเรียนรู้	หน่วยที่ 4
	ชื่อวิชา วิศวกรรมยานยนต์ รหัสวิชา 3101 – 2008	สอนครั้งที่ 9
	ชื่อหน่วย การกระจายน้ำหนักและการทรงตัวของยานยนต์	ชั่วโมงรวม 27 ชั่วโมง
ชื่อเรื่อง/ชื่องาน การทรงตัวในทางโค้งเอียงของรถยนต์		จำนวน 3 ชั่วโมง
หัวข้อเรื่องและงาน 4.10 การทรงตัวในทางโค้งเอียงของรถยนต์ 4.11 การเสียการทรงตัวในทางโค้งเอียงเนื่องจากการลื่นไถล 4.12 การเสียการทรงตัวในทางโค้งเอียงจนพลิกคว่ำ สาระสำคัญ 1. การทรงตัวในทางโค้งเอียงของรถยนต์ คือ แรงที่ทำให้ยานยนต์เสียการทรงตัวในทางโค้งเอียง 2. การเสียการทรงตัวในทางโค้งเอียงเนื่องจากการลื่นไถล เป็น ความสัมพันธ์ของแรงและแฟกเตอร์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทรงตัวของยานยนต์ในทางโค้งเอียง เนื่องจากการลื่นไถล 3. การเสียการทรงตัวในทางโค้งเอียงจนพลิกคว่ำ คือ ความสัมพันธ์ของแรงและแฟกเตอร์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทรงตัวของยานยนต์ในทางโค้งเอียงเนื่องจากการพลิกคว่ำ สมรรถนะที่พึงประสงค์ (ความรู้ ทักษะ คุณธรรม จริยธรรม จรรยาบรรณวิชาชีพ) 1. นักศึกษาสามารถอธิบายความเร็วสูงสุดที่รถยนต์สามารถแล่นผ่านทางโค้งเอียงโดยไม่ลื่นไถลได้อย่างถูกต้อง 2. นักศึกษาสามารถคำนวณหาความเร็วสูงสุดที่รถยนต์สามารถแล่นผ่านทางโค้งเอียงโดยไม่ลื่นไถลได้อย่างถูกต้อง 3. นักศึกษาสามารถบอกความเร็วสูงสุดที่รถยนต์สามารถแล่นผ่านทางโค้งเอียงโดยไม่พลิกคว่ำได้อย่างถูกต้อง 4. นักศึกษาสามารถคำนวณหาความเร็วสูงสุดที่รถยนต์สามารถแล่นผ่านทางโค้งเอียงโดยไม่พลิกคว่ำได้อย่างถูกต้อง		

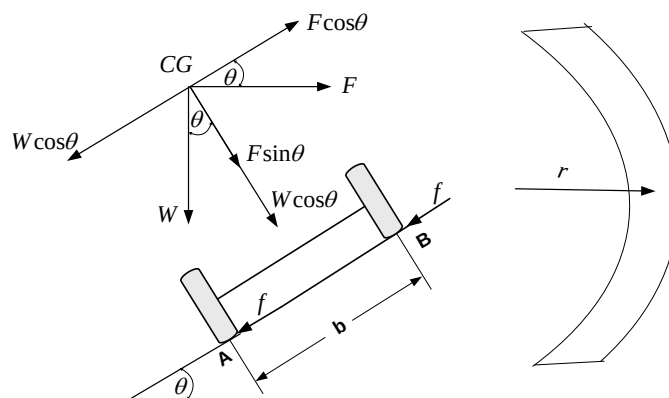
เนื้อหาสาระ

การทรงตัวในทางโค้งเอียง

4.10 การทรงตัวในทางโค้งเอียงของรถยนต์ หมายถึง ถนนที่สร้างขึ้นให้พื้นถนนด้านนอกของความโค้งมีความสูงและลาดเอียงลงมาด้านในของความโค้ง จุดประสงค์ของการสร้างถนนดังกล่าวเพื่อให้ยานยนต์ที่แล่นผ่านทางโค้งนี้มีการทรงตัวดีขึ้น

แรงที่ทำให้ยานยนต์เสียการทรงตัวในทางโค้งเอียง ก็ยังเป็นแรงเหวี่ยง เช่น เดียวกันกับในทางโค้งราบ แต่เนื่องจากว่าถนนมีความเอียง ดังนั้น ทิศทางของแรงที่กระทำต่อยานยนต์ เช่น แรงเหวี่ยง แรงเนื่องจากน้ำหนักยานยนต์และแรงเสียดทานที่พื้นถนนจึงต้องพิจารณาถึงมุมของพื้นถนนที่เอียงด้วย

4.11 การเสียการทรงตัวในทางโค้งเอียงเนื่องจากการลื่นไถล



รูปที่ 4.11 ความสัมพันธ์ของแรงและแฟกเตอร์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทรงตัวของยานยนต์ในทางโค้งเอียง เนื่องจากการลื่นไถล

แรงเหวี่ยงที่กระทำต่อรถขณะแล่นผ่านทางโค้ง $F_C = \frac{Wv^2}{gr}$

แต่แรงเหวี่ยงที่ทำให้ยานยนต์ลื่นไถลเป็นแรงที่ขนานกับพื้นถนน คือ

$$F_C \cos \theta = \frac{Wv^2}{gr} \cos \theta$$

แรงต้านการลื่นไถล คือ แรงที่เกิดจากน้ำหนักยานยนต์ในแนวนอนกับพื้นถนนและแรงเสียดทานระหว่างยางกับพื้นถนน

$$\text{แรงที่เกิดจากน้ำหนักยานยนต์} = W \sin \theta$$

$$\text{แรงเสียดทานระหว่างยางกับพื้นถนน} = \mu N$$

$$\text{แต่แรงปฏิกิริยาที่กระทำตั้งฉากกับพื้น (N)} = W \cos \theta + F_c \sin \theta$$

$$\begin{aligned} \therefore \text{แรงเสียดทานระหว่างยางกับพื้นถนน} &= \mu(W \cos \theta + F_c \sin \theta) \\ &= \mu(W \cos \theta + \frac{WV^2}{gr} \sin \theta) \dots\dots\dots (7.1) \end{aligned}$$

เมื่อยานยนต์ทรงตัวอยู่ได้พอดี โดยไม่ลื่นไถล

$$\text{แรงเหวี่ยงในแนวพื้นถนน} = \text{แรงต้านทาน}$$

$$\frac{WV^2}{gr} \cos \theta = W \sin \theta + \mu(W \cos \theta + \frac{WV^2}{gr} \sin \theta)$$

$$\frac{V^2}{gr} \cos \theta = \sin \theta + \mu(\cos \theta + \frac{V^2}{gr} \sin \theta)$$

$$\frac{V^2}{gr} = \frac{\sin \theta}{\cos \theta} + \mu(\frac{\cos \theta}{\cos \theta} + \frac{V^2}{gr} \frac{\sin \theta}{\cos \theta})$$

$$\frac{V^2}{gr} = \tan \theta + \mu(1 + \frac{V^2}{gr} \tan \theta)$$

$$\frac{V^2}{gr} = \tan \theta + \mu + \frac{\mu V^2}{gr} \tan \theta$$

$$\frac{V^2}{gr} - \frac{\mu V^2}{gr} \tan \theta = \tan \theta + \mu \dots\dots\dots (7.2)$$

$$\frac{V^2}{gr} (1 - \mu \tan \theta) = \mu + \tan \theta$$

$$V^2 = \frac{gr(\mu + \tan \theta)}{(1 - \mu \tan \theta)} \dots\dots\dots (7.3)$$

ความเร็วสูงสุดที่ยานยนต์สามารถเล่นผ่านโค้งเอียงโดยไม่ลื่นไถล

$$V = \sqrt{\frac{gr(\mu + \tan \theta)}{(1 - \mu \tan \theta)}} \dots\dots\dots (7.4)$$

สำหรับค่ารัศมีความโค้งของถนน ความเอียงของถนนสามารถวิเคราะห์ได้จากสมการที่ 7.2

ตัวอย่างที่ 1 ถนนโค้งช่วงหนึ่งมีรัศมีความโค้ง 20 m ออกแบบไว้สำหรับรถแล่นผ่านที่ความเร็ว 60 km/hr โดยมีแฟคเตอร์ของความปลอดภัย 1.2 ในขณะที่สัมประสิทธิ์ของความเสียดทานระหว่างยางและพื้นถนนเท่ากับ 0.8

1. จงหามุมเอียงของถนน
2. ถ้าขณะที่ฝนตกถนนลื่นทำให้สัมประสิทธิ์ของความเสียดทานระหว่างยาง และพื้นถนนลดลงเป็น 0.2 รถจะแล่นผ่านถนนช่วงนี้ได้ที่ความเร็วสูงสุดเท่าใด

วิธีทำ หามุมเอียงของถนน

จากสมการ

$$(v^2/g r) - (\mu v^2/g r) \tan\theta = \tan\theta + \mu \quad V^2 = \sqrt{\frac{gr(\mu + \tan\theta a)}{(1 - \mu \tan\theta)}}$$

เมื่อ $v = 60 \times 1.2 \text{ km/hr} = 20 \text{ m/Sec}$ แทนค่า

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$2D^2 = \frac{190.2(0.8 + \tan\theta a)}{(1 - 0.8 \tan\theta)}$$

$$r = 20 \text{ m}$$

$$\mu = 0.8$$

แทนค่า

$$[(20^2)/(9.81 \times 20)] - [(0.8 \times 20^2)/(9.81 \times 20) \tan\theta] = \tan\theta + 0.8$$

$$2.038 - 1.631 \tan\theta = \tan\theta + 0.8$$

$$1.631 \tan\theta + \tan\theta = 2.038 - 0.8$$

$$\tan\theta = 1.238 / 2.631$$

$$\theta = 25.2^\circ$$

หาความเร็วขณะถนนลื่น

จากสมการ

$$v = \sqrt{\{gr(\mu + \tan\theta)\} / (1 - \mu \tan\theta)}$$

เมื่อ $\mu = 0.2$

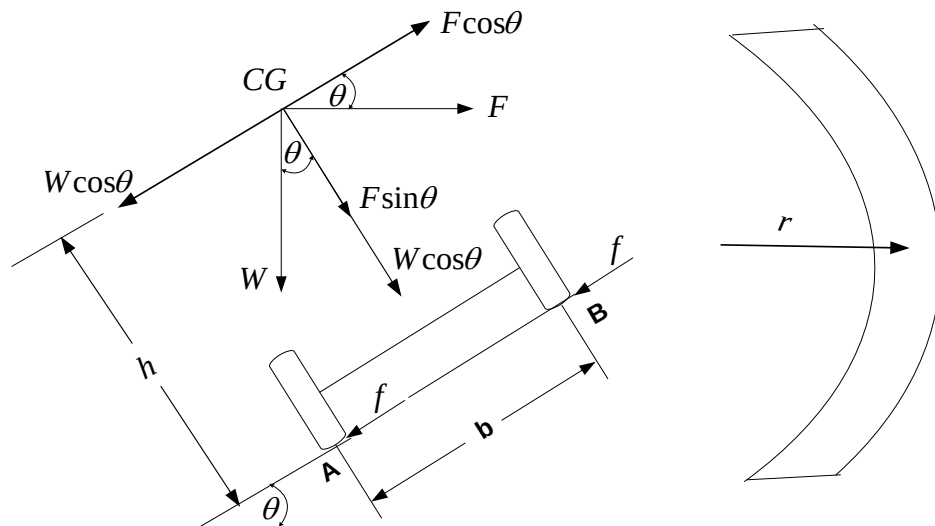
$$\text{แทนค่า} = \sqrt{\{9.8 \times 20(0.2 + 0.47)\} / \{1 - (0.2 \times 0.47)\}}$$

$$= 12.04 \text{ m/Sec}$$

$$= 43.36 \text{ km/hr}$$

- สรุป 1. มุมเอียงของถนน เท่ากับ 25.2 องศา
 2. ในขณะที่ฝนตกถนนลื่น รถสามารถแล่นผ่านถนนช่วง
 นี้ได้ด้วยความเร็วสูงสุด 43.36 km/hr

4.12 การเสียการทรงตัวในทางโค้งเอียงจนพลิกคว่ำ



รูปที่ 4.12 ความสัมพันธ์ของแรงและเฟรคเตอร์ต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการทรงตัวของยานยนต์ในทางโค้งเอียงเนื่องจากการพลิกคว่ำ

พิจารณาโมเมนต์รอบจุด CG

โมเมนต์ทวน = โมเมนต์ตาม

$$R_B \frac{b}{2} = R_A \frac{b}{2} + F_f h$$

$$(R_B - R_A) = F_f h \quad \dots\dots\dots (7.5)$$

แต่ F_f หรือแรงเสียดทานระหว่างยางกับพื้นถนน มีค่าดังนี้

พิจารณาจากรูป

$$F_f = F_C \cos \theta - W \sin \theta \quad \dots\dots\dots (7.6)$$

$$= \frac{WV^2}{gr} \cos \theta - W \sin \theta$$

แทนค่าสมการ 7.6 ลงในสมการ 7.5

$$\begin{aligned}
 (R_B - R_A) \frac{b}{2} &= \left(\frac{WV^2}{gr} \cos \theta - W \sin \theta \right) \\
 &= \frac{Whv^2}{gr} \cos \theta - W \sin \theta \\
 R_B - R_A &= Wh \left(\frac{2}{b} \right) \left[\frac{V^2 \cos \theta}{gr} - \sin \theta \right] \dots\dots\dots (7.7)
 \end{aligned}$$

พิจารณาจากรูป แรงที่กระทำในแนวตั้งฉากกับถนน

$$\begin{aligned}
 R_B + R_A &= F_C \sin \theta + W \cos \theta \\
 &= \frac{WV^2}{gr} \sin \theta + \cos \theta \\
 &= W \left[\frac{V^2}{gr} \sin \theta + \cos \theta \right] \dots\dots\dots (7.8)
 \end{aligned}$$

จากสมการ (7.8) ลบสมการ (7.7)

$$\begin{aligned}
 (R_B + R_A) - (R_B - R_A) &= W \left[\frac{V^2}{gr} \sin \theta + \cos \theta \right] - Wh \left(\frac{2}{b} \right) \left[\frac{V^2 \cos \theta}{gr} - \sin \theta \right] \\
 2R_A &= W \left[\frac{V^2}{gr} \sin \theta + \cos \theta \right] - Wh \left(\frac{2}{b} \right) \left[\frac{V^2 \cos \theta}{gr} - \sin \theta \right]
 \end{aligned}$$

ขณะที่ยานยนต์เริ่มพลิกคว่ำ ล้อด้านในของความโค้งจะยกขึ้น นั่นคือ $R_A = 0$

$$\therefore 0 = W \left[\frac{V^2}{gr} \sin \theta + \cos \theta \right] - Wh \left(\frac{2}{b} \right) \left[\frac{V^2 \cos \theta}{gr} - \sin \theta \right]$$

$$\frac{V^2}{gr} \sin \theta + \cos \theta = h \left(\frac{2}{b} \right) \left[\frac{V^2 \cos \theta}{gr} - \sin \theta \right]$$

$$\frac{V^2}{gr} \sin \theta + \cos \theta = h \left(\frac{2}{b} \right) \frac{V^2 \cos \theta}{gr} - h \left(\frac{2}{b} \right) \sin \theta$$

$$\frac{V^2}{gr} \sin \theta - h \left(\frac{2}{b} \right) \frac{V^2 \cos \theta}{gr} = -\cos \theta - h \left(\frac{2}{b} \right) \sin \theta$$

$$\frac{V^2}{gr} \left[\sin \theta - h \left(\frac{2}{b} \right) \cos \theta \right] = -\cos \theta - h \left(\frac{2}{b} \right) \sin \theta$$

$$\frac{V^2}{gr} = \frac{-\cos \theta - h \left(\frac{2}{b} \right) \sin \theta}{\sin \theta - h \left(\frac{2}{b} \right) \cos \theta}$$

คูณสมการด้วย $-\frac{2}{b}\cos\theta$

$$\begin{aligned} \frac{V^2}{gr} &= \frac{\left[-\cos\theta - h\frac{2}{b}\sin\theta \right]}{\left[\sin\theta - h\left(\frac{2}{b}\right)\cos\theta \right]} \times \frac{-\frac{2}{b}\cos\theta}{-\frac{2}{b}\cos\theta} \\ &= \frac{\frac{-\cos\theta}{-\frac{2}{b}\cos\theta} - \frac{h\left(\frac{2}{b}\right)\sin\theta}{-\frac{2}{b}\cos\theta}}{\frac{\sin\theta}{-\frac{2}{b}\cos\theta} - \frac{h\frac{2}{b}\cos\theta}{-\frac{2}{b}\cos\theta}} \\ &= \frac{\frac{b}{2} + h\tan\theta}{h - \frac{b}{2}\tan\theta} \end{aligned} \quad (7.9)$$

ความเร็วสูงสุดที่ยานยนต์สามารถแล่นผ่านโค้งเอียงโดยไม่พลิกคว่ำ

$$V = \sqrt{gr \frac{\frac{b}{2} + h\tan\theta}{h - \frac{b}{2}\tan\theta}} \quad (7.10)$$

สำหรับค่ารัศมีความโค้งของถนน ความเอียงของถนน สามารถวิเคราะห์ได้เช่นกันจากสมการที่(7.9) ส่วนการหาสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของพื้นถนน สามารถหาได้จากสมการ (7.1)

ตัวอย่างที่ 2 รถบรรทุกสิบล้อคันหนึ่งมีความกว้างของช่วงล้อ 1960 mm ขณะบรรทุกสินค้าเต็ม มีจุดศูนย์กลางถ่วงอยู่สูงจากพื้นถนน 1520 mm ถ้าแล่นผ่านถนนที่มีรัศมีความโค้ง 40 m และผิวถนนมีความลาดเอียง 30 องศา จะแล่นด้วยความเร็วสูงสุดเท่าไรโดยไม่พลิกคว่ำ

วิธีทำ จากสมการ $v = \sqrt{gr \{[(b/2) + h \tan \theta] / [h - (b/2) \tan \theta]\}}$

เมื่อ $r = 40 \text{ m}$

$b = 1960 \text{ mm} = 1.960 \text{ m}$

$h = 1520 \text{ mm} = 1.520 \text{ m}$

$\tan \theta = \tan 30 = 0.577$

$V = ?$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่า } v &= \sqrt{\frac{9.81 \times 40 \{[(1.960/2) + 1.520 \times 0.577]\}}{[1.520 - (1.960/2) \times 0.577]}} \\ &= 27.62 \text{ m/Sec} \\ &= 99.44 \text{ km/hr} \quad \text{ตอบ} \end{aligned}$$

สรุปเนื้อหาวิชา

ความเร็วสูงสุดที่รถยนต์สามารถแล่นผ่านทางโค้งเอียงโดยไม่ลื่น

$$v = \sqrt{\{gr (\mu + \tan \theta)\} / (1 - \mu \tan \theta)}$$

ความเร็วสูงสุดที่รถยนต์สามารถแล่นผ่านโค้งเอียงโดยไม่พลิกคว่ำ

$$v = \sqrt{gr \{[(b/2) + h \tan \theta] / [h - (b/2) \tan \theta]\}}$$

กิจกรรมการเรียนการสอน

ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน

1. ครูผู้สอนสนทนากับนักศึกษาถึงเรื่องของสุขภาพ และข่าวสารวิทยาการใหม่ ๆ (5 นาที)

ขั้นดำเนินการสอน

1. ครูผู้สอนให้นักศึกษาทดสอบเรื่อง การทรงตัวในทางโค้งราบ ใช้เวลา (30 นาที)
2. ครูเฉลยแบบทดสอบ (20 นาที)
3. ครูแจกใบเนื้อหาประกอบการสอนเรื่อง การทรงตัวในทางโค้งเอียง (10 นาที)
4. ครูผู้สอนอธิบายตาม Power point และใบเนื้อหาประกอบการสอน โดยอธิบายพร้อมยกตัวอย่างประกอบพร้อมทั้งเขียนลงบนกระดาน ในขณะที่สอนครูให้นักเรียนตอบคำถามและร่วมแสดงความคิดเห็น (50 นาที)
5. นักศึกษาทำแบบฝึกหัด สัปดาห์ที่ 9 (30 นาที)

ขั้นสรุป

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

สื่อการเรียนการสอน

1. ใบเนื้อหาประกอบการสอนเรื่อง การทรงตัวในทางโค้งเอียง
2. Power point
3. กระดาน
4. แบบฝึกหัด สัปดาห์ที่ 9
5. เฉลยแบบฝึกหัด สัปดาห์ที่ 9
6. แบบทดสอบ สัปดาห์ที่ 9
7. เฉลย แบบทดสอบ สัปดาห์ที่ 9

การวัดผลและประเมินผล

1. สังเกตจากการอธิบายความเร็วสูงสุดที่รถยนต์สามารถแล่นผ่านทางโค้งเอียงโดยไม่ลื่นไถลได้อย่างถูกต้อง
2. สังเกตจากการคำนวณหาความเร็วสูงสุดที่รถยนต์สามารถแล่นผ่านทางโค้งเอียงโดยไม่ลื่นไถลได้อย่างถูกต้อง

3. สังเกตจากการบอกความเร็วสูงสุดที่รถยนต์สามารถแล่นผ่านทางโค้งเอียงโดยไม่พลิกคว่ำได้อย่างถูกต้อง

4. สังเกตจากการคำนวณหาความเร็วสูงสุดที่รถยนต์สามารถแล่นผ่านทางโค้งเอียงโดยไม่พลิกคว่ำได้อย่างถูกต้อง

บันทึกหลังการสอน

ผลการใช้แผนการสอน.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ผลการเรียนของนักศึกษา.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ผลการเรียนหลังเรียน.....

.....

.....

.....

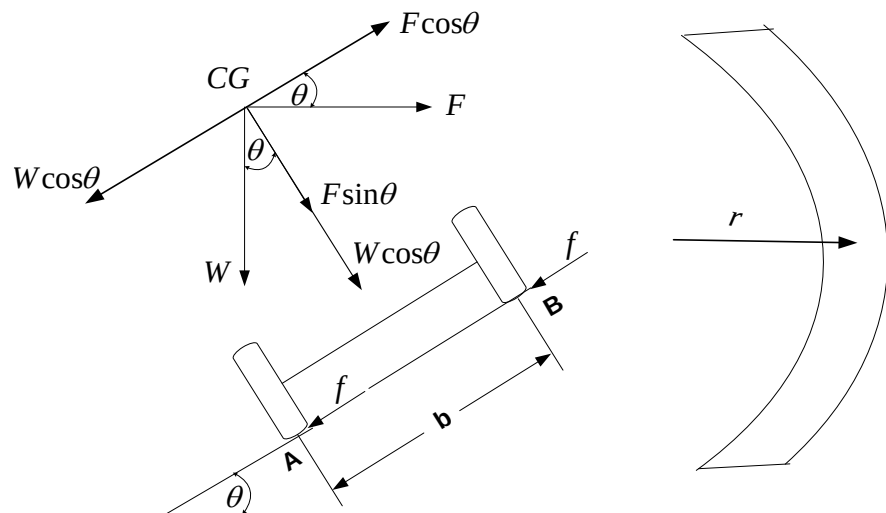
.....

.....

.....

Power point สไลด์ที่ 9

4.10 การเสียการทรงตัวในทางโค้งเนื่องจาก การลื่นไถล



รูปที่ 4.10 ความสัมพันธ์ของแรงและแฟกเตอร์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทรงตัวของยานยนต์ในทางโค้งเนื่องจาก การลื่นไถล

$$\text{แรงเหวี่ยงที่กระทำต่อรถขณะแล่นผ่านทางโค้ง} \quad F_C = \frac{Wv^2}{gr}$$

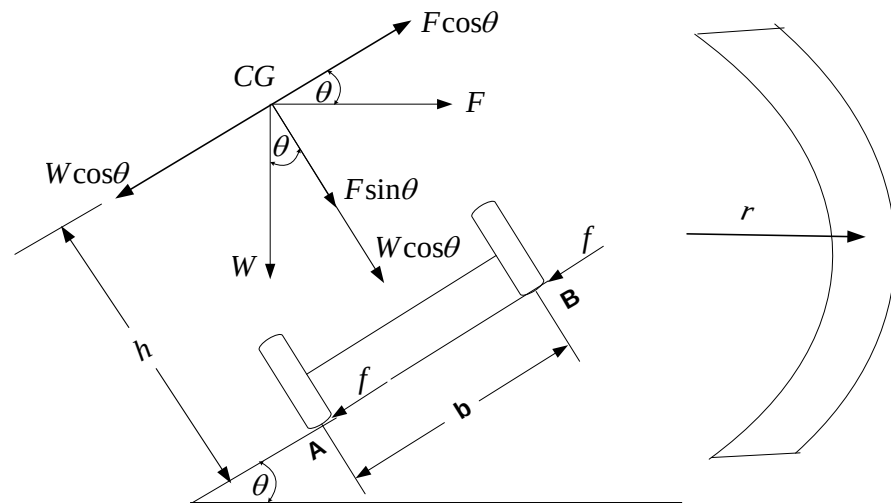
แต่แรงเหวี่ยงที่ทำให้ยานยนต์ลื่นไถลเป็นแรงที่ขนานกับพื้นถนน คือ

$$F_C \cos \theta = \frac{Wv^2}{gr} \cos \theta$$

แรงต้านการลื่นไถล คือ แรงที่เกิดจากน้ำหนักยานยนต์ในแนวขนานกับพื้นถนนและแรงเสียดทานระหว่างยางกับพื้นถนน

Power point แสดงการเสียการทรงตัวในทางโค้งเฉียงจนพลิกคว่ำ

4.11 การเสียการทรงตัวในทางโค้งเฉียงจนพลิกคว่ำ



รูปที่ 4.11 ความสัมพันธ์ของแรงและเฟรคเตอร์ต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการทรงตัวของยานยนต์ในทางโค้งเฉียงเนื่องจากการพลิกคว่ำ

Power point แสดงการคำนวณหาความเร็วสูงสุดที่สามารถเล่นเข้าโค้งได้

รถบรรทุกสิบล้อคันหนึ่งมีความกว้างของช่วงล้อ 1960 mm ขณะบรรทุกสินค้าเต็ม มีจุดศูนย์ถ่วงอยู่สูงจากพื้นถนน 1520 mm ถ้าเล่นผ่านถนนที่มีรัศมีความโค้ง 40 m และผิวถนนมีความลาดเอียง 30 องศา จะเล่นด้วยความเร็วสูงสุดเท่าไรโดยไม่พลิกคว่ำ

วิธีทำ จากสมการ $v = \sqrt{gr \{[(b/2) + h \tan \theta] / [h - (b/2) \tan \theta]\}}$

เมื่อ $r = 40 \text{ m}$

$b = 1960 \text{ mm} = 1.960 \text{ m}$

$h = 1520 \text{ mm} = 1.520 \text{ m}$

$\tan \theta = \tan 30 = 0.577$

$V = ?$

แทนค่า $v = \sqrt{\frac{9.81 \times 40 \{[(1.960/2) + 1.520 \times 0.577]\}}{[1.520 - (1.960/2) \times 0.577]}}$

$= 27.62 \text{ m/Sec}$

$= 99.44 \text{ km/hr}$ ตอบ

แบบฝึกหัด สัปดาห์ที่ 9

1. ช่วงถนนโค้งแห่งหนึ่งเป็นถนนราบ มีรัศมีความโค้ง 40 เมตร กำหนดให้รถยนต์แล่นผ่านได้ด้วยความเร็ว 90 กิโลเมตร/ชั่วโมง ในกรณีที่ปรับให้ถนนช่วงนี้มีมุมเอียง 15 องศา จะทำให้รถแล่นผ่านได้ด้วยความเร็วที่เพิ่มขึ้นเท่าไร

(ตอบ ความเร็วเพิ่มขึ้น 38.3 กิโลเมตร/ชั่วโมง)

2. รถบรรทุกสลิปล้อคันหนึ่งมีความกว้างของช่วงล้อ 1960 mm ขณะบรรทุกสินค้าเต็ม มีจุดศูนย์กลางอยู่สูงจากพื้นถนน 1520 mm ถ้าแล่นผ่านถนนที่มีรัศมีความโค้ง 40 m และผิวถนนมีความลาดเอียง 30 องศา จะแล่นด้วยความเร็วสูงสุดเท่าไรโดยไม่พลิกคว่ำ

3. ถนนโค้งช่วงหนึ่งมีรัศมีความโค้ง 20 m ออกแบบไว้สำหรับรถแล่นผ่านที่ความเร็ว 60 km/hr โดยมีแฟกเตอร์ของความปลอดภัย 1.2 ในขณะที่สัมประสิทธิ์ของความเสียดทานระหว่างยางและพื้นถนนเท่ากับ 0.8

1. จงหามุมเอียงของถนน
2. ถ้าขณะที่ฝนตกถนนลื่นทำให้สัมประสิทธิ์ของความเสียดทานระหว่างยาง และพื้นถนนลดลงเป็น 0.2 รถจะแล่นผ่านถนนช่วงนี้ได้ที่ความเร็วสูงสุดเท่าใด

เฉลยแบบฝึกหัด

1. ช่วงถนนโค้งแห่งหนึ่งเป็นถนนราบ มีรัศมีความโค้ง 40 เมตร กำหนดให้รถยนต์แล่นผ่านได้ด้วยความเร็ว 90 กิโลเมตร/ชั่วโมง ในกรณีที่ปรับให้ถนนช่วงนี้มีมุมเอียง 15 องศา จะทำให้รถแล่นผ่านได้ด้วยความเร็วที่เพิ่มขึ้นเท่าไร

วิธีทำ เมื่อ

$$V^2 = 25^2 \quad g = 9.81 \text{ m/s}^2 \quad r = 40 \quad \tan\theta = 15 \quad \square$$

$$\mu = 1.59 \quad V = ?$$

$$V = \sqrt{\mu gr} \quad \text{หรือ} \quad \mu = \frac{V^2}{gr}$$

$$\begin{aligned} \mu &= \frac{(25)^2}{9.81 \times 40} \\ &= 1.59 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V &= \sqrt{\frac{gr(\mu + \tan\theta)}{1 - \mu \tan\theta}} \\ &= \sqrt{\frac{9.81 \times 40(1.59 + \tan 15^\circ)}{1 - 1.59 \tan 15^\circ}} \\ &= 35.64 \text{ m/sec} \\ &= 128.3 \text{ Km/hr} \end{aligned}$$

รถสามารถแล่นผ่านช่วงถนนโค้งด้วยความเร็วเพิ่มขึ้น

$$= 128.3 - 90 = 38.3 \text{ Km/hr} \quad \text{ตอบ}$$

2. รถบรรทุกสิบล้อคันหนึ่งมีความกว้างของช่วงล้อ 1960 mm ขณะบรรทุกสินค้าเต็ม มีจุดศูนย์กลางอยู่สูงจากพื้นถนน 1520 mm ถ้าแล่นผ่านถนนที่มีรัศมีความโค้ง 40 m และผิวถนนมีความลาดเอียง 30 องศา จะแล่นด้วยความเร็วสูงสุดเท่าไรโดยไม่พลิกคว่ำ

วิธีทำ จากสมการ $v = \sqrt{gr \left\{ \frac{[(b/2) + h \tan\theta]}{[h - (b/2)\tan\theta]} \right\}}$

เมื่อ $r = 40 \text{ m}$

$$b = 1960 \text{ mm} = 1.960 \text{ m}$$

$$h = 1520 \text{ mm} = 1.520 \text{ m}$$

$$\tan\theta = \tan 30^\circ = 0.577$$

$$V = ?$$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่า } v &= \sqrt{\frac{9.81 \times 40 \left\{ \frac{(1.960/2) + 1.520 \times 0.577}{1.520 - (1.960/2) \times 0.577} \right\}}{}} \\ &= 27.62 \text{ m/Sec} \\ &= 99.44 \text{ km/hr} \quad \text{ตอบ} \end{aligned}$$

3. ถนนโค้งช่วงหนึ่งมีรัศมีความโค้ง 20 m ออกแบบไว้สำหรับรถแล่นผ่านที่ความเร็ว 60 km/hr โดยมีแฟกเตอร์ของความปลอดภัย 1.2 ในขณะที่สัมประสิทธิ์ของความเสียดทานระหว่างยางและพื้นถนนเท่ากับ 0.8

1. จงหามุมเอียงของถนน
2. ถ้าขณะที่ฝนตกถนนลื่นทำให้สัมประสิทธิ์ของความเสียดทานระหว่างยาง และพื้นถนนลดลงเป็น 0.2 รถจะแล่นผ่านถนนช่วงนี้ได้ที่ความเร็วสูงสุดเท่าใด

วิธีทำ หามุมเอียงของถนน

จากสมการ

$$(v^2/g r) - (\mu v^2/g r) \tan\theta = \tan\theta + \mu \quad V^2 = \sqrt{\frac{gr(\mu + \tan\theta a)}{(1 - \mu \tan\theta)}}$$

เมื่อ $v = 60 \times 1.2 \text{ km/hr} = 20 \text{ m/Sec}$ แทนค่า

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$2D^2 = \frac{190.2(0.8 + \tan\theta a)}{(1 - 0.8 \tan\theta)}$$

$$r = 20 \text{ m}$$

$$\mu = 0.8$$

แทนค่า

$$[(20^2)/(9.81 \times 20)] - [(0.8 \times 20^2)/(9.81 \times 20) \tan\theta] = \tan\theta + 0.8$$

$$2.038 - 1.631 \tan\theta = \tan\theta + 0.8$$

$$1.631 \tan\theta + \tan\theta = 2.038 - 0.8$$

$$\tan\theta = 1.238 / 2.631$$

$$\theta = 25.2^\circ$$

หาความเร็วขณะถนนลื่น

จากสมการ

$$v = \sqrt{\{gr(\mu + \tan\theta)\} / (1 - \mu \tan\theta)}$$

เมื่อ $\mu = 0.2$

$$\text{แทนค่า} = \sqrt{\{9.8 \times 20(0.2 + 0.47)\} / \{1 - (0.2 + 0.47)\}}$$

$$= 12.04 \text{ m/Sec}$$

$$= 43.36 \text{ km/hr}$$

สรุป 1. มุมเอียงของถนน เท่ากับ 25.2 องศา

2. ในขณะที่ฝนตกถนนลื่น รถสามารถแล่นผ่านถนนช่วง

นี้ได้ด้วยความเร็วสูงสุด 43.36 km/hr

แบบทดสอบ สัปดาห์ที่ 9

1. ช่วงถนนโค้งแห่งหนึ่งเป็นถนนราบ มีรัศมีความโค้ง 40 เมตร กำหนดให้รถยนต์แล่นผ่านได้ด้วยความเร็ว 90 กิโลเมตร/ชั่วโมง ในกรณีที่ปรับให้ถนนช่วงนี้มีมุมเอียง 15 องศา จะทำให้รถแล่นผ่านได้ด้วยความเร็วที่เพิ่มขึ้นเท่าไร

(ตอบ ความเร็วเพิ่มขึ้น 38.3 กิโลเมตร/ชั่วโมง)

2. รถบรรทุกสลิปล้อคันหนึ่งมีความกว้างของช่วงล้อ 1960 mm ขณะบรรทุกสินค้าเต็ม มีจุดศูนย์กลางอยู่สูงจากพื้นถนน 1520 mm ถ้าแล่นผ่านถนนที่มีรัศมีความโค้ง 40 m และผิวถนนมีความลาดเอียง 30 องศา จะแล่นด้วยความเร็วสูงสุดเท่าไรโดยไม่พลิกคว่ำ

3. ถนนโค้งช่วงหนึ่งมีรัศมีความโค้ง 20 m ออกแบบไว้สำหรับรถแล่นผ่านที่ความเร็ว 60 km/hr โดยมีแฟกเตอร์ของความปลอดภัย 1.2 ในขณะที่สัมประสิทธิ์ของความเสียดทานระหว่างยางและพื้นถนนเท่ากับ 0.8

1. จงหามุมเอียงของถนน
2. ถ้าขณะที่ฝนตกถนนลื่นทำให้สัมประสิทธิ์ของความเสียดทานระหว่างยาง และพื้นถนนลดลงเป็น 0.2 รถจะแล่นผ่านถนนช่วงนี้ได้ที่ความเร็วสูงสุดเท่าใด

เฉลยแบบทดสอบ

1. ช่วงถนนโค้งแห่งหนึ่งเป็นถนนราบ มีรัศมีความโค้ง 40 เมตร กำหนดให้รถยนต์แล่นผ่านได้ด้วยความเร็ว 90 กิโลเมตร/ชั่วโมง ในกรณีที่ปรับให้ถนนช่วงนี้มีมุมเอียง 15 องศา จะทำให้รถแล่นผ่านได้ด้วยความเร็วที่เพิ่มขึ้นเท่าไร

วิธีทำ เมื่อ

$$V^2 = 25^2 \quad g = 9.81 \text{ m/s}^2 \quad r = 40 \quad \tan\theta = 15 \quad \square$$

$$\mu = 1.59 \quad V = ?$$

$$V = \sqrt{\mu gr} \quad \text{หรือ} \quad \mu = \frac{V^2}{gr}$$

$$\mu = \frac{(25)^2}{9.81 \times 40}$$

$$= 1.59$$

$$V = \sqrt{\frac{gr(\mu + \tan\theta)}{1 - \mu \tan\theta}}$$

$$= \sqrt{\frac{9.81 \times 40(1.59 + \tan 15^\circ)}{1 - 1.59 \tan 15^\circ}}$$

$$= 35.64 \text{ m/sec}$$

$$= 128.3 \text{ Km/hr}$$

รถสามารถแล่นผ่านช่วงถนนโค้งด้วยความเร็วเพิ่มขึ้น

$$= 128.3 - 90 = 38.3 \text{ Km/hr} \quad \text{ตอบ}$$

2. รถบรรทุกสิบล้อคันหนึ่งมีความกว้างของช่วงล้อ 1960 mm ขณะบรรทุกสินค้าเต็ม มีจุดศูนย์กลางอยู่สูงจากพื้นถนน 1520 mm ถ้าแล่นผ่านถนนที่มีรัศมีความโค้ง 40 m และผิวถนนมีความลาดเอียง 30 องศา จะแล่นด้วยความเร็วสูงสุดเท่าไรโดยไม่พลิกคว่ำ

วิธีทำ จากสมการ $v = \sqrt{gr \left\{ \frac{[(b/2) + h \tan\theta]}{[h - (b/2)\tan\theta]} \right\}}$

เมื่อ $r = 40 \text{ m}$

$$b = 1960 \text{ mm} = 1.960 \text{ m}$$

$$h = 1520 \text{ mm} = 1.520 \text{ m}$$

$$\tan\theta = \tan 30^\circ = 0.577$$

$$V = ?$$

แทนค่า $v = \sqrt{\frac{9.81 \times 40 \left\{ \frac{[(1.960/2) + 1.520 \times 0.577]}{[1.520 - (1.960/2) \times 0.577]} \right\}}{}}$

$$= 27.62 \text{ m/Sec}$$

$$= 99.44 \text{ km/hr} \quad \text{ตอบ}$$

3. ถนนโค้งช่วงหนึ่งมีรัศมีความโค้ง 20 m ออกแบบไว้สำหรับรถแล่นผ่านที่ความเร็ว 60 km/hr โดยมีแฟคเตอร์ของความปลอดภัย 1.2 ในขณะที่สัมประสิทธิ์ของความเสียดทานระหว่างยางและพื้นถนนเท่ากับ 0.8

1. จงหามุมเอียงของถนน
2. ถ้าขณะที่ฝนตกถนนลื่นทำให้สัมประสิทธิ์ของความเสียดทานระหว่างยาง และพื้นถนนลดลงเป็น 0.2 รถจะแล่นผ่านถนนช่วงนี้ได้ที่ความเร็วสูงสุดเท่าใด

วิธีทำ หามุมเอียงของถนน

จากสมการ

$$(v^2/g r) - (\mu v^2/g r) \tan\theta = \tan\theta + \mu \quad V^2 = \sqrt{\frac{gr(\mu + \tan\theta a)}{(1 - \mu \tan\theta)}}$$

เมื่อ $v = 60 \times 1.2 \text{ km/hr} = 20 \text{ m/Sec}$ แทนค่า

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2 \quad 2D^2 = \frac{190.2(0.8 + \tan\theta a)}{(1 - 0.8 \tan\theta)}$$

$$r = 20 \text{ m}$$

$$\mu = 0.8$$

แทนค่า

$$[(20^2)/(9.81 \times 20)] - [(0.8 \times 20^2)/(9.81 \times 20) \tan\theta] = \tan\theta + 0.8$$

$$2.038 - 1.631 \tan\theta = \tan\theta + 0.8$$

$$1.631 \tan\theta + \tan\theta = 2.038 - 0.8$$

$$\tan\theta = 1.238 / 2.631$$