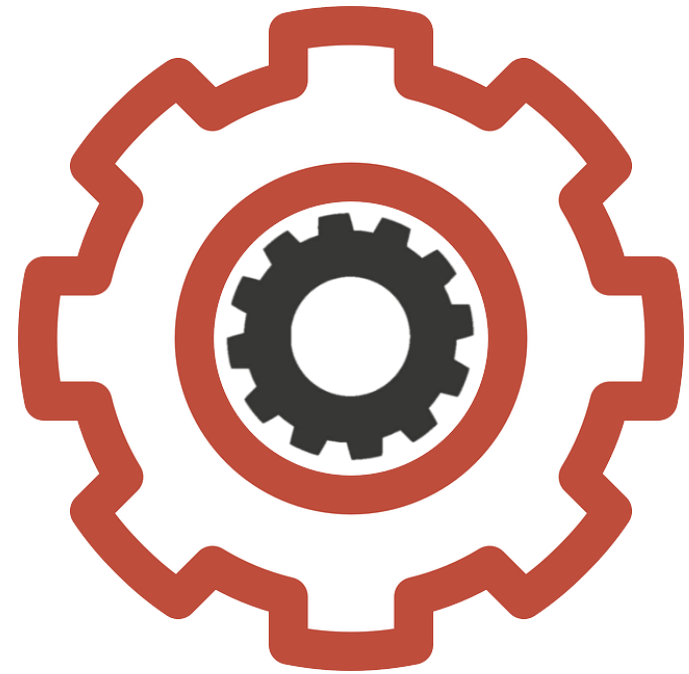


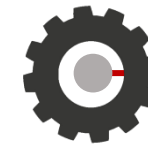


แรงพยุงและแรงลอยตัว (Buoyancy and Flotation)





วัตถุที่ลอยหรือจมอยู่ในของเหลว จะมีแรงพยุงทำให้วัตถุนั้นสมดุล ถ้าน้ำหนักของวัตถุเท่ากับแรงพยุง วัตถุนั้นจะอยู่ในสภาพสมดุล ถ้าน้ำหนักของวัตถุน้อยกว่าแรงพยุงวัตถุนั้นจะลอยขึ้นในการทรงตัวของวัตถุก็เช่นกัน จุดศูนย์กลางความถ่วงของวัตถุและจุดศูนย์กลางของการลอยตัวอยู่ในแนวเดียวกัน การทรงตัวของวัตถุจะสมดุล และมีจุด Metacenter เป็นจุดบอกลักษณะการสมดุลของการทรงตัวของวัตถุลอยอยู่ในของไหลนั้นๆ



1. แรงลอยตัว
2. การทรงตัวของวัตถุลอย
3. ลักษณะการทรงตัวของวัตถุลอย
4. การหาระยะความสูง



1. แสดงความรู้เกี่ยวกับแรงพยุ่งของของเหลว
2. คำนวณหาแรงลอยตัวของของเหลว



1. อธิบายความหมายของแรงลอยตัวได้ถูกต้อง
2. อธิบายการทรงตัวของวัตถุลอยได้ถูกต้อง
3. อธิบายความหมายของ Metacenter ได้ถูกต้อง
4. คำนวณหาแรงลอยตัวได้ถูกต้อง
5. คำนวณหาแรงคู่ควบและ Metacentric Height ได้ถูกต้อง

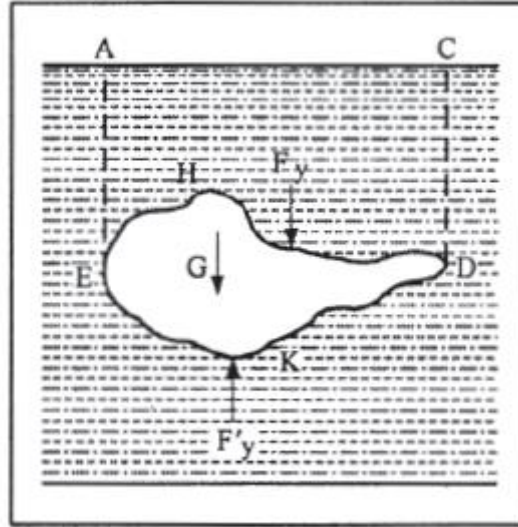
แรงลอยตัว (Buoyancy Force)

พิจารณาวัตถุ EHDK จมอยู่ในของไหล จะมีแรงโน้มถ่วงและความดันของของไหลกระทำอยู่รอบด้าน แรงที่กระทำกับวัตถุต้นบนในแนวตั้ง ได้แก่ แรง F_y มีค่าเท่ากับน้ำหนักของของไหลปริมาตร AEHDC ในลักษณะเดียวกัน แรงที่กระทำกับวัตถุด้านล่างในแนวตั้ง ได้แก่ แรง F'_y มีค่าเท่ากับน้ำหนักของของไหลปริมาตร AEHDC ผลต่างของปริมาตรทั้งสองคือ ปริมาตร AEKDC

ปริมาตร AEHDC มีค่าเท่ากับปริมาตร EHDK ดังนั้นแรงลอยตัวของของเหลว ใช้แทนด้วย F_B มีค่าเท่ากับ $F'_y - F_y$ และค่าของ $F'_y - F_y$ มีค่าเท่ากับน้ำหนักของของไหลปริมาตร EHDK

นั่นคือ แรงลอยตัวที่กระทำกับวัตถุใด ๆ มีค่าเท่ากับน้ำหนักของของเหลวที่ถูกแทนที่โดยวัตถุนั้น และจะมีค่าเท่ากับน้ำหนักของวัตถุทั้งก้อน

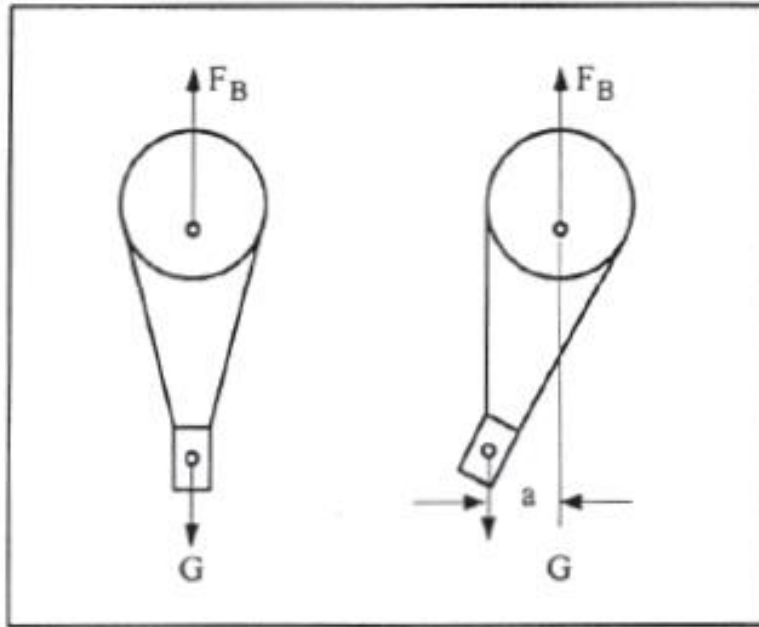
แรงลอยตัว (Buoyancy Force)



1. แรง G เท่ากับ F_B วัตถุนั้นจะอยู่ในสภาพสมดุลและจมอยู่ในของของไหล ความหนาแน่นของวัตถุเท่ากับ ความหนาแน่นของของไหล
2. แรง G มากกว่าแรง F_B วัตถุนั้นจะถูกทำให้จม
3. แรง G น้อยกว่า F_B วัตถุนั้นจะลอยขึ้น จนความหนาแน่นของวัตถุเท่ากับ ความหนาแน่นของของไหล
4. จุดศูนย์กลางของการลอย คือ จุดที่แรงพยุงกระทำอยู่ที่จุดศูนย์กลางของความถ่วงของของเหลวส่วนที่ถูกแทนที่ด้วยวัตถุ

การทรงตัวของวัตถุลอย (Stability of Floating Body)

การทรงตัวของวัตถุจะมีการทรงตัวอยู่ได้ โดยปรับให้มีความสมดุลของการทรงตัว เมื่อจุดศูนย์กลางของการลอยตัวอยู่บนจุดศูนย์กลางความถ่วงของวัตถุ



การทรงตัวของวัตถุลอย (Stability of Floating Body)

เมื่อ $F_B = G$ โดยจุดศูนย์กลางความถ่วงของวัตถุ และจุดศูนย์กลางของการลอยตัวอยู่ในแนวเดียวกันการทรงตัวสมดุล

ถ้าจุดศูนย์กลางของการลอยตัวเปลี่ยนตำแหน่งทำให้เกิดระยะ a มีการเอียงของวัตถุและเกิดโมเมนต์แรงคู่ควบของน้ำหนัก G เท่ากับ Ga ในกรณีของเรือดำน้ำในทะเลก็เช่นกัน ถ้าจุดศูนย์กลางความถ่วงของวัตถุและจุดศูนย์กลางของการลอยตัวอยู่ในแนวเส้นตรงอันเดียวกัน เรือก็จะสมดุลอยู่ในแนวระดับ แต่ถ้าจุดศูนย์กลางของการลอยตัวเปลี่ยนตำแหน่งเป็นระยะ a ก็จะทำให้เรือเอียงด้วย แรงคู่ควบ Ga จะได้ $F_B = G$ และโมเมนต์แรงคู่ควบ $= Ga$

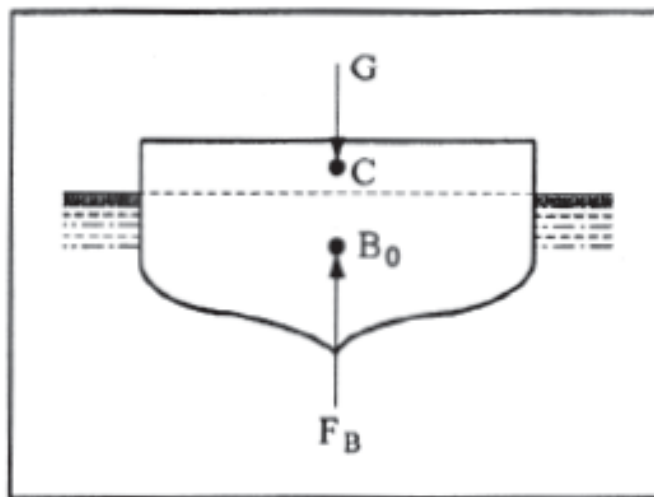
ลักษณะการทรงตัวของวัตถุลอย

1. การทรงตัวของวัตถุลอย ในของไหลที่มีบางส่วนพื้นผิวของของไหล เมื่อวัตถุสมดุล

$$F_B = G$$

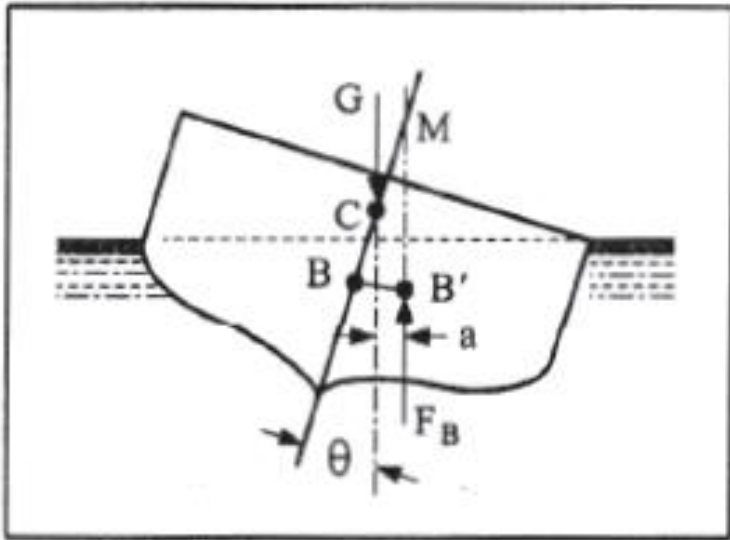
... 5.1

โดยจุด C และ B_0 อยู่ในแนวเดียวกัน ไม่เกิดโมเมนต์หรือแรงคู่ควบ



ลักษณะการทรงตัวของวัตถุลอย

จากรูป เมื่อวัตถุมีแรงกระทำให้เกิดการเปลี่ยนตำแหน่งจาก B เป็น B' ทำให้เกิดการเอียงเป็นมุม θ กับแนวเดิม CB เป็นระยะ a และให้ $a = CM \sin \theta$ ลากเส้นตรงตามแนวตั้งจากจุด B' ไปตัดกับแนวเดิม CB ที่จุดตัด M ที่จุด M เรียกว่าจุด Metacenter เป็นจุดบอกลักษณะการสมดุลของการทรงตัวของวัตถุที่ลอยอยู่ในของไหล



ถ้าค่ามุม θ มีค่าน้อยมากจุด M จะมีค่าคงที่
ระยะห่างระหว่างจุด M กับจุด C เรียกว่า Metacentric Height
ถ้าจุด M สูงกว่าจุด C วัตถุจะทรงตัวได้ดี หรือกลับอยู่ตำแหน่งเดิม
ถ้าจุด M ต่ำกว่าจุด C วัตถุจะไม่กลับตำแหน่งเดิม

ลักษณะการทรงตัวของวัตถุลอย

2. การทรงตัวของวัตถุลอยในของไหล มีสภาพทรงตัวได้ดี

จากรูป เมื่อวัตถุจุด M อยู่สูงกว่าจุด C ทำให้เกิดระยะ BM มากกว่าระยะ BC ทำให้วัตถุนั้นมีการทรงตัวได้ดีไม่เกิดการพลิกคว่ำ เพราะเมื่อเกิดการกระทำจากแรงก็เกิดระยะการเปลี่ยนแปลงของจุด B เป็น B' เป็นระยะ $CM \sin \theta$ จากระยะ $CM \sin \theta$ เมื่อนำไปคูณกับน้ำหนักของวัตถุก็จะได้โมเมนต์ของแรงคู่ควบ คือ

$$\text{โมเมนต์ของแรงคู่ควบ} = G CM \sin \theta$$

... 5.2

จากหลักการนี้จึงนำไปใช้ในการออกแบบเรือ โป๊ะ และแท่นขุดเจาะน้ำมันในทะเล เป็นต้น

ลักษณะการทรงตัวของวัตถุลอย

3. การทรงตัวของวัตถุลอยในของไหล มีสภาพทรงตัวไม่ได้

ถ้าให้วัตถุมีจุด M ต่ำกว่าจุด C ทำให้เกิดระยะ BM น้อยกว่าระยะ BC และมีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของจุด B เป็น B' จะได้ระยะ $CM \sin \theta$ เมื่อนำระยะ $CM \sin \theta$ คูณกับน้ำหนักของวัตถุนั้นก็จะได้โมเมนต์ของแรงคู่ควบ

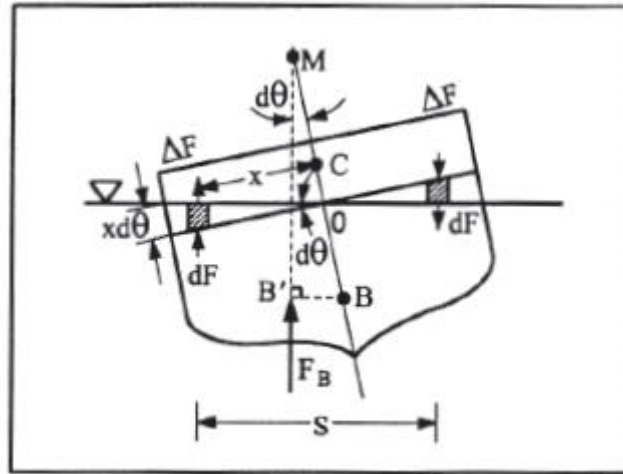
แรงคู่ควบที่เกิดขึ้นจะทำให้วัตถุนั้นเสียการทรงตัว ทำให้เกิดการพลิกคว่ำได้ ซึ่งเรียกว่า วัตถุอยู่ในสภาพทรงตัวไม่ได้ ในกรณีที่มีมุม θ เพิ่มขึ้น แต่ถ้าระยะ BM เท่ากับระยะ BC วัตถุจะอยู่ในสภาพทรงตัวเป็นกลาง เช่น ฟุ่ทรงกลมที่ลอยอยู่ในน้ำ เนื่องจากจุด M และจุด C เป็นจุดเดียวกัน

การหาระยะความสูง (Metacentric Height)

การหาระยะความสูง มีข้อกำหนดเบื้องต้นในการหาความสูง ดังนี้

- มุม θ = มุมเอียงของเรือมีค่าน้อยมากในครั้งแรก
- ค่า γ = ระยะของจุด B ถึง B'
- ΔF = เป็นแรงพยุงที่เปลี่ยนแปลงเนื่องจากส่วนที่จมเป็นรูปสี่เหลี่ยมเท่ากันสองข้าง
- dA = ชิ้นส่วนเล็กๆ ที่นำมาติด

การหาระยะความสูง (Metacentric Height)



จากรูป จะได้ว่า

โมเมนต์แรงคู่ควบ ΔF = โมเมนต์แรงพยุ่งที่จุด B'

จะได้สมการ

$$\Delta F \times s = G \times \gamma$$

... 5.3

การหาระยะความสูง (Metacentric Height)

หาค่าแรง ΔF จากสมการ

$$\Delta F = \gamma (\Delta V)$$

เมื่อให้

$$\Delta V = h \cdot dA$$

เพราะว่า

$$h = x \cdot \theta$$

เพราะฉะนั้น

$$\Delta F = \gamma x \theta dA$$

หาค่าโมเมนต์ของแรง F รอบจุด O จะได้

$$\begin{aligned} \Delta F \cdot x &= \int_A (\Delta F) (x) \\ &= \int_A \gamma \theta x^2 dA \end{aligned}$$

การหาระยะความสูง (Metacentric Height)

เมื่อให้ A คือ พื้นที่ในแนวระดับที่ผิวน้ำ

โดย
$$\int_A x^2 dA = I_y$$

เพราะฉะนั้น

$$\Delta F.s = \gamma \theta I_y \quad \dots 5.4$$

เมื่อ I_y เป็นโมเมนต์ความเฉื่อยรอบแกน Y และแทนค่า จาก 5.4 ในสมการ 5.3 จะได้

$$\gamma \theta I_y = G \gamma \quad \dots 5.5$$

เมื่อ $G = \gamma V$

V = ปริมาตรส่วนที่จม

การหาระยะความสูง (Metacentric Height)

จะได้

$$\gamma \theta I_y = \gamma V \gamma$$

โดย

$$\gamma = \frac{\theta I_y}{V}$$

... 5.6

การหาค่า MC หาได้จาก $\Delta MB B'$

เมื่อ

$$\gamma = MB \sin \theta \approx (MB) (\theta)$$

เพราะฉะนั้น

$$\frac{\gamma}{\theta} = MB$$

... 5.7

การหาระยะความสูง (Metacentric Height)

แทนค่า

$$\gamma = (\text{MB}) (\theta) \text{ ในสมการ 5.6}$$

จะได้

$$(\text{MB}) (\theta) = \frac{\theta I_y}{V}$$

$$\text{MB} = \frac{I_y}{V} \quad \dots 5.8$$

โดย

$$\text{MC} = \text{MB} \pm \text{CB}$$

หรือ

$$\text{MC} = \frac{I_y}{V} \pm \text{CB} \quad \dots 5.9$$

การหาระยะความสูง (Metacentric Height)

การหาโมเมนต์คู่ควบ หาได้จาก

$$C = (G) (MC \sin \theta)$$

... 5.10

โดย C = โมเมนต์แรงคู่ควบ

ใช้ในการวิเคราะห์การทรงตัวของวัตถุที่อยู่ในลักษณะทรงตัวถาวรและไม่ถาวร

ตัวอย่าง

วิธีทำ

ลูกบอลทรงกลมมีค่าความถ่วงจำเพาะ 0.5 ลอยอยู่ในน้ำในสภาพสมดุล มีแรงลอยตัว 20 KN จงหาปริมาตรของลูกบอลทรงกลมนี้

จากสูตร

$$F_B = G$$

โดย

$$G = \gamma V$$

$$S_{\text{ลูกบอล}} = \frac{\gamma_{\text{ลูกบอล}}}{\gamma_{\text{น้ำ}}}$$

$$\gamma_{\text{ลูกบอล}} = S_{\text{ลูกบอล}} \times \gamma_{\text{น้ำ}}$$

$$= 10.5 \times \rho_{\text{น้ำ}} \times g$$

$$= 0.5 \times 1,000 \text{ KN/m}^3 \times 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$= 4.905 \text{ KN/m}^3$$

ตัวอย่าง

(ต่อ)วิธีทำ ลูกบอลทรงกลมมีค่าความถ่วงจำเพาะ 0.5 ลอยอยู่ในน้ำในสภาพสมดุล มีแรงลอยตัว 20 KN จงหาปริมาตรของลูกบอลทรงกลมนี้

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น} \quad \frac{20 \text{ KN}}{V} &= 4.905 \text{ KN/m}^3 \times V \\ &= \frac{20 \text{ KN} \times \text{m}^3}{4.905 \text{ KN}} \\ &= 4.077 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{ปริมาตรของลูกบอลทรงกลม} = 4.077 \text{ m}^3$$

ตอบ

