

**Engineering Mechanics
Statics**

Eighth Edition

J.L. Meriam • L.G. Kraige • J.N. Bolton

부산대학교 공과대학 건설융합학부

교수 정 진 환

cheung@pusan.ac.kr
051-510-2354(연구실)

제 1 장 서 론

1.1 역학 (力學, mechanics)

- 물체(物體)에 작용하는 힘의 효과를 다루는 물리 과학(physical science)

고전역학(classical mechanics)

양자역학(quantum mechanics)

토목공학(Civil Engineering)

2019-03-04

Chapt

2



2019-03-04

Chapt

3

The Great Pyramid (한변=750 ft, H=450 ft)



2019-03-04

Chapt

4

Pont du Gard (B.C. 63 - 13년경)
프랑스 남부 Nimes근처, 수도교(aqueduct)+ 도로교(1747 확장)
동근 아치의 폭 : 22.4m

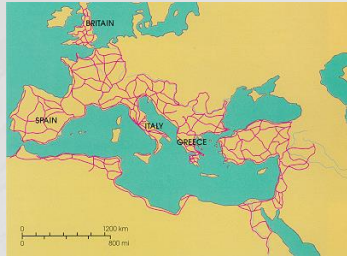


2019-03-04

Chapt

5

道路



Roman road

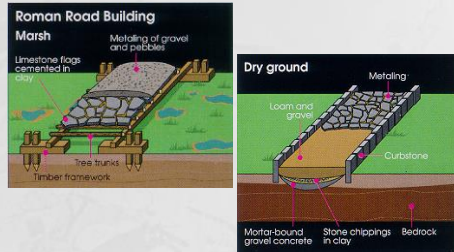
거의 50,000마일에 달하는 도로망이 제국 전체에 걸쳐 뻗어 있다.

2019-03-04

Chapt

6

Roman road의 구조도



2019-03-04

Chapt1

7

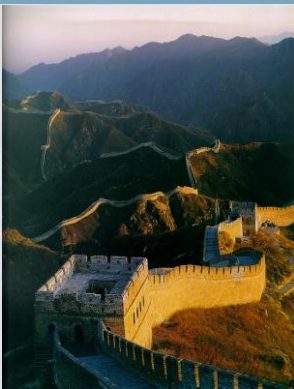


Syria의
Aleppo 근처
에 있는
Roman road.
2000년이 지
난 지금에도
교통하중을 지
탱하고 있다.

2019-03-04

Chapt1

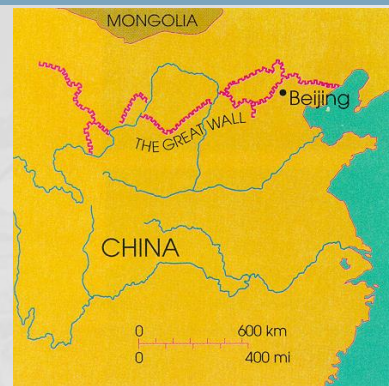
8



2019-03-04

Chapt1

9

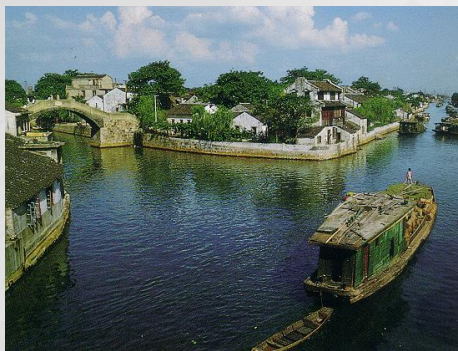


2019-03-04

Chapt1

10

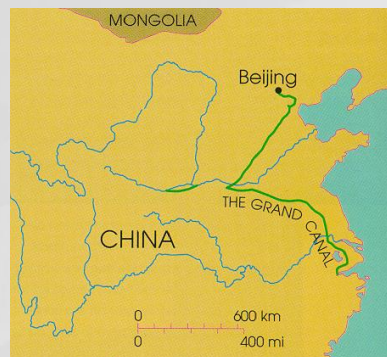
중국의 대운하



2019-03-04

Chapt1

11



611년에 수 양제
에 의해 건설된
북쪽의 탁군에서
남쪽의 여항에
이르는 전장
2000Km의 운
하.(영제거, 통제
거, 광통거)

2019-03-04

Chapt1

12

- 물체(物體)에 작용하는 힘의 효과를 다루는 물리 과학(physical science)

물체(物體, body)

- 고체(固體, solid body) → 강체(剛體, rigid body)
 - 변형체(變形體, deformable body)
 - 탄성변형체(彈性變形體, elastic body)
 - 소성변형체(塑性變形體, elastic body)
 - 탄.소성변형체
 -
- 유체(流體, fluid) → 압축성유체(壓縮性流體, compressible fluid)
 - 비압축성유체(非壓縮性流體, incompressible fluid)

2019-03-04

Chapt

13

→ 강체역학(剛體力學, mechanics of rigid body)

- 정역학(靜力學, statics)
- 동역학(動力學, dynamics)
 - 운동학(運動學, kinematics)
 - 운동역학(運動力學, kinetics)

→ 변형체역학(變形體力學, mechanics of deformable body)

; 재료역학, 탄성론, 소성론,

→ 유체역학(流體力學, fluid mechanics)

→

2019-03-04

Chapt

14

공업역학(工業力學, engineering mechanics) ≡ 剛體力學

- 질점(質點, mass point)과 강체의 정역학과 동역학을 다루는 기본적인 역학
 - * 현실적으로 완전한 강체는 존재하지 않는다.

응용역학(應用力學, applied mechanics)

- 역학의 원리를 실용적인 대상 물체에 응용하는 과학의 한 분야

구조역학(構造力學, structural mechanics)

- 건물이나 교량 등 주로 강재나 콘크리트로 만들어진 구조물(변형체)을 대상으로 함

2019-03-04

Chapt

15

힘, force, 力

- 1) 물체에 작용하여 물체의 모양을 변화시키거나 물체의 운동상태를 변화시키는 원인을 힘이라 하며 크기와 방향을 갖는다. (naver 지식 백과)
- 2) 자연현상이 일어나는 작용의 세기나 그것이 다른 사물에 영향을 미치는 작용 (Naver 국어사전)

[다음 국어사전]

- . (사람이나 동물의 근육을 통해 발생하는, 스스로 움직이거나 다른 사물을 움직이게 하는 작용)
- . (재력이나 학식, 재능 따위의 능력)
- . (폭력이나 권력을 통해 드러나는 물리적)

2019-03-04

Chapt

16

힘의 효과

- 물체의 형상(변형, 균열, 파괴,
- 물체의 운동(진동, 위치 변화,

Archimedes(287~212 B.C.) : 지렛대의 원리(principle of the lever),

부력의 원리(principle of buoyancy)

Stevinus(1548~1620) : vector combination(vector sum),

most of the principles of statics

Galileo(1564~1642) : first investigation of dynamics problems

Newton(1642~1727)

Da Vinci, Varignon, Euler, D'Alembert, Lagrange, Laplace,

2019-03-04

Chapt

17

1.2 Basic Concepts

空間(space) : 물체의 위치, 형상 등의 표현: (rectangular) coordinates system, Cartesian C.S.

時間(time) : 사건의 연속의 척도, dynamics

質量(mass) : 속도의 변화에 저항하는 관성의 척도

힘(force) : 한 물체의 다른 물체에 대한 작용, vector로 표시(크기, 방향, 작용점)

質點(particle) : 무시할 만한 크기의 물체

剛體(rigid body) : 한 물체에서 그 물체의 각 부분간의 상대적인 이동이 없고자 하는 목적을 위하여 무시할 수 있을 때

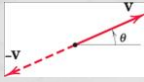
2019-03-04

Chapt

18

1.3 Scalars and Vectors

- scalars : time, volume, mass, density, speed, energy,
- vectors : displacements, velocity, acceleration, force, moment, momentum,



-表記: $V, \vec{v}, \underline{v}, \dots$

- free vector : 작용선 및 작용점에 무관한 vector
- sliding vector : 강체에 작용하는 힘 $\rightarrow$ line of action
- fixed vector : 힘의 3요소(크기, 방향, 작용점) $\rightarrow$ 변형에 의한

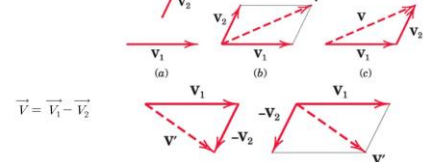
2019-03-04

Chapt1

19

- 덧셈 : 평행사변형의 법칙(parallelogram law of combination)

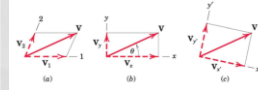
$$\vec{V} = \vec{V}_1 + \vec{V}_2$$



$$\vec{V} = \vec{V}_1 - \vec{V}_2$$

- 성분 components : 3차원 문제는 성분으로 나누어 생각하는 것이 편리하다.

$$\mathbf{V} = V_x \mathbf{i} + V_y \mathbf{j} + V_z \mathbf{k}$$



$$\theta = \tan^{-1} \frac{V_y}{V_x}$$

2019-03-04

Chapt1

20

- The vector $\mathbf{n}$ is called a *unit vector*. $\mathbf{V} = V\mathbf{n}$

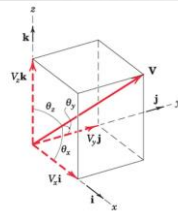
- 방향餘弦 directional cosine

$$l = \cos \theta_x \quad m = \cos \theta_y \quad n = \cos \theta_z$$

$$l^2 + m^2 + n^2 = 1.$$

$$V_x = lV \quad V_y = mV \quad V_z = nV$$

$$V^2 = V_x^2 + V_y^2 + V_z^2$$



2019-03-04

Chapt1

21

Mathematics is the natural language of mechanics!!

The mechanics of solids is vector mechanics!!

2019-03-04

Chapt1

22

1/4 NEWTON'S LAWS

제 1 법칙 (관성의 법칙)

그 질점에 불평형력이 작용하지 않는다면, 그 질점은 정지상태를 유지하거나 등속직선운동을 계속 한다.

제 2 법칙 (운동 법칙)

질점의 가속도는 작용하는 합력에 비례하며, 그 합력의 방향과 같다.

$$\mathbf{F} = m\mathbf{a}$$

(1/1)

제 3 법칙 (작용과 반작용의 법칙)

상호 작용하는 물체들 간의 작용과 반작용은 크기가 같고 방향이 반대이다.

2019-03-04

Chapt1

23

1/5 UNITS

- 尺貫法 : (치-자-장-리), (리-貫), (다령(?) $\rightarrow$ 시간에 대한 개념 부족)

- Metric System(상대 or 중력단위계) : Meter-Kilogram-Sec $\rightarrow$ Kg(킬로그램), Kg(질량) [L,F,T]

$$W(N) = m(kg) \times g(m/s^2)$$

- 英米 단위계(상대 or 중력단위계) : foot-pound system [L,F,T]

$$\text{force (lb)} = \text{mass (slugs)} \times \text{acceleration (ft/sec}^2\text{)}$$

$$\text{slug} = \frac{\text{lb} \cdot \text{sec}^2}{\text{ft}} \quad m(\text{slugs}) = \frac{W(\text{lb})}{g(\text{ft/sec}^2)}$$

- SI 단위계 International System of Units Système International d'Unités [L,M,T]

$$\text{force (N)} = \text{mass (kg)} \times \text{acceleration (m/s}^2\text{)}$$

$$N = \text{kg} \cdot \text{m/s}^2$$

$\rightarrow$ 절대단위계

QUANTITY	DIMENSIONAL SYMBOL	SI UNITS		U.S. CUSTOMARY UNITS	
		UNIT	SYMBOL	UNIT	SYMBOL
Mass	M	kilogram	kg	slug	—
Length	L	meter	m	foot	ft
Time	T	second	s	second	sec
Force	F	newton	N	pound	lb

2019-03-04

Chapt1

24

General Conference on Weights and Measures (국제도량형위원회) Conférence générale des poids et mesures - CGPM

2019년 5월 20일 부터 '국가표준기본법 시행령' 개정안 시행
→ 일부 국제 기본단위의 정의 변경

- **Mass**: platinum-iridium 합금 원통의 질량 1 Kg(1889). Paris에 있는 국제도량형사무소
→ 플랑크상수(h)를 바탕으로 하는 방법으로 전환
- **Length**: 파리를 지나는 자오선을 따른 극에서 적도까지 길이 / 10,000,000
→ 일정 길이의 백금-이리듐 막대(1874, 0.2mm 짧게 제작됨)
→ Krypton 86 원자 복사파의 1,650,763.73 파장의 길이(1960)
→ 빛이 진공에서 1/299,792,458초 동안 진행한 경로의 길이(1983)
 $c = 299\,792\,458\text{ m/s}$
- **Time**: 평균 태양일 / 86,400 [지구의 자전 → 지구의 공전 → 원자시계]
→ 바닥상태에 있는 cesium 133 원자 복사파의 9,192,631,770 주기
(∴ 지구 자전의 불규칙성, 정밀하고 재현 가능한 기준 필요)

2019-03-04

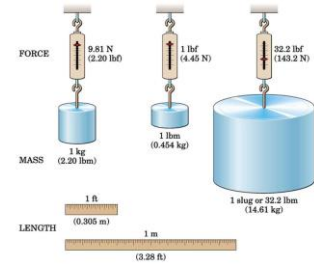
Chap1

25

중력가속도; 위도 45°의 평균해수면에서

$$\begin{array}{ll} \text{SI units} & g = 9.806\,65\text{ m/s}^2 \\ \text{U.S. units} & g = 32.1740\text{ ft/sec}^2 \end{array}$$

Unit Conversions



2019-03-04

Chap1

26

1/6 LAW OF GRAVITATION

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad (1/2)$$

where F = the mutual force of attraction between two particles
 G = a universal constant known as the *constant of gravitation*
 m_1, m_2 = the masses of the two particles
 r = the distance between the centers of the particles
 $G = 6.673(10^{-11})\text{ m}^3/(\text{kg} \cdot \text{s}^2)$

Gravitational Attraction of the Earth

$$W = mg \quad (1/3)$$

2019-03-04

Chap1

27

1/7 ACCURACY, LIMITS, AND APPROXIMATIONS

- 유효숫자: $24(\text{mm}) \times 24(\text{mm}) = 580(\text{mm}^2)(\bigcirc), 576(\text{mm}^2)(\times)$
- 큰 숫자들 사이의 차이를 계산할 경우에는 더 많은 유효숫자 필요
 $4.2503(5\text{개}) - 4.2301(5\text{개}) = 0.0112(3\text{개})$

Differentials

$$\begin{aligned} x: y &= h: r \quad \therefore y = \frac{r}{h} x, \quad dy = \frac{1}{h} dx \\ 2\pi r \cdot (y+dy) &= 2\pi \cdot \frac{r}{h} dx \cdot \left(\frac{r}{h} x + \frac{1}{h} dx \right) \\ &= \frac{2\pi r^2}{h^2} \left(x \cdot (dx)^2 + \frac{1}{h} (dx)^3 \right) \\ dV &= \frac{2\pi r^2}{h^2} (x^2 dx + \pi (dx)^2 + \frac{1}{h} (dx)^3) \\ dx &\gg (dx)^2 \gg (dx)^3 \quad \therefore dV = dV, \quad dx \rightarrow dx \\ \therefore dV &= \frac{2\pi r^2}{h^2} x^2 dx \end{aligned}$$

2019-03-04

Chap1

28

Small-Angle Approximations

$$\sin \theta \approx \tan \theta \approx \theta \quad \cos \theta \approx 1$$

$$1^\circ = 0.017\,453\text{ rad} \quad \tan 1^\circ = 0.017\,455$$

$$\sin 1^\circ = 0.017\,452 \quad \cos 1^\circ = 0.999\,488$$

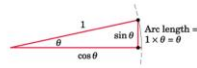
$$\sin \theta = \theta - \frac{\theta^3}{3!} + \frac{\theta^5}{5!} - \frac{\theta^7}{7!} + \dots$$

$$\cos \theta = 1 - \frac{\theta^2}{2!} + \frac{\theta^4}{4!} - \dots$$

$$\tan \theta = \theta + \frac{\theta^3}{3} + \frac{2\theta^5}{15} + \frac{17\theta^7}{315} + \dots$$

부록 C/8(p.489)

$$\sin d\theta = \tan d\theta = d\theta \quad \cos d\theta = 1$$



2019-03-04

Chap1

29

1/8 PROBLEM SOLVING IN STATICS

공학적인 문제 $\xrightarrow{\text{Modeling, idealization, approximation}}$ 수학적 모델
 $\xleftarrow{\text{검증}}$

수반되는 가정의 정도: 요구되는 정밀도 + 원하는 정보의 종류

Solution Methods

1. direct mathematical solution by hand calculation
2. graphical solution
3. solution by computer: large number of equations

2019-03-04

Chap1

30

Formulating Problems and Obtaining Solutions

1. 주어진 자료의 파악
2. 원하는 결과
3. 필요한 그림, 원리 등 ; 자유물체도(free-body diagram)
4. 계산
5. 해답 및 결론
6. 검증 (숫자, 차원 등)

2019-03-04

Chapt

31

Symbolic solution

1. focusing our attention on the connection between the physical situation and its mathematical descriptions.
2. dimensional checks at every step!
3. repeatability!

Free-Body Diagram, FBD

1. Isolation  cause and effect
2. a complete and accurate account of all forces which act on this body!

2019-03-04

Chapt

32

도학(圖學, Graphics)

1. 스케치나 그림에 의해 물리적인 계를 지면 상에 표현 가능케 함
2. 직접적인 수학적 해석이 곤란하거나 어려울 때 물리적인 관계를 해석하는 방법을 제공
3. 결과를 표현하는데 큰 도움이 되는 도표나 그림으로 표시

2019-03-04

Chapt

33