

SI 單 位

李 在 坤

서울대학교 工科大学 纖維工學科 副教授

1. 序

우리 人間이 單位를 생각하게 된 것은 人類가 社會 生活를 始作하면서 부터 비롯되었을 것이다. 아마도 처음에는 길이의 單位를 생각할 때 人體의 어느 部分 例를 들면 손이라든가 또는 팔뚝길이를 基準으로 해서 길이의 單位를 定했을 것으로 推測이 된다. 이것은 우

리가 古來로 부터 使用해오고 있는 尺單位나 feet單位 가 사람의 팔뚝 길이와 비슷한 길이라는 것을 생각한다면 쉽게 理解할 수 있다.

그러므로 이제까지 우리가 쓰던 單位는 나라와 民族 에 따라 다르고 또 같은 나라 같은 民族이라하더라도 地方에 따라서 各其 單位의 基準이 틀렸다.

이러한 것이 文明의 進步와 더불어 世界가 한덩어리 로 되어가므로서 各其의 單位는 統一된 하나의 單位로

表 1. Symbols and Units (general)

| Property | Symbol | Unit | Abbreviation |
|-------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------------|
| Length | l | metre | m |
| Height, depth | h | metre | m |
| Breadth | b | metre | m |
| Diameter | d | metre | m |
| Radius | r | metre | m |
| Distance | s | metre | m |
| Area | A | square metre | m^2 |
| Volume | V | cubic metre | m^3 |
| Mass | m | kilogram | kg |
| Density | ρ | kilograms per cubic metre | kg/m^3 |
| Time | t | second | s |
| Velocity | v | metres per second | m/s |
| Acceleration (linear) | a | metres per second per second | m/s^2 |
| Acceleration (angular) | α | radians per second per second | rad/s^2 |
| Plane angle | α, β, θ | radian | rad |
| Angular velocity | ω | radians per second | rad/s |
| Rotational speed | n | revolutions per second | rev/s |
| Frequency | f | hertz (formerly cycle per second) | Hz |
| Force | F | newton | N |
| Pressure | p | newtons per square metre | N/m^2 (=pascal, Pa) |
| Moment of force | \bar{M} | newton metre | Nm |
| Torque | T | newton metre | Nm |
| Stress | σ | newtons per square metre | N/m^2 |
| Strain | ϵ | dimensionless | |
| Work or energy | W | joule | J |
| Power | P | watts or joules per second | W, J/sec |
| Efficiency | η | dimensionless | |
| Coefficient of friction | μ | dimensionless | |
| Young's modulus of elasticity | E | kilonewtons per square millimetre | kg/mm^2 |
| Electric current | I | ampere | A |
| Wavelength | λ | metre | m |

되어야 한다는 必要性을 느끼게 되었고 이로 因해서 CGS單位系나 MKS單位系 또는 重力 單位系等이 制定되어 오늘날 우리가 使用하고 있다.

오늘날 우리가 使用하고 있는 미터法은 1872년에 世界 26個國이 參加해서 프랑스에서 열린 國際度量衡會議에서 처음 制定되었으나 이 方式도 表1에 보이는 바와 같이 種類가 많다. 그리하여 1948년에 國際度量衡會議에서는 미터法을 簡素化해서 實用化 할 수 있는 새로운 計量單位를 確立하는 作業을 했고 1960년에 實用化된 計量單位計를 새로이 制定하기에 이르렀다.

우리는 미터法이 10進法이기 때문에 便利하다는 것을 알기는 하나 表 1에서 보여준 것처럼 單位の 種類가 많고 또 各 單位들끼리 換算을 할때 換算係數表示의 번잡성있다. 그리하여 앞에서 말한바와 같이 1960년에 國際度量衡會議에서는 7가지의 基本單位와 2가지의 補助單位를 基本으로 하고 이들의 곱셈 또는 나눗셈을 해서 組立單位를 만들도록 決定했다. 이것이 SI單位(Système Internationaled Unités)이다.

2. 特 徵

SI單位는 7가지의 基本單位와 2가지의 補助單位로만 構成하기 때문에 表 1에 보인바와 같이 單位の 種類가 많지는 않다. 그러므로 SI單位中の 어느 두單位로 곱셈 또는 나눗셈을 하면 表 1에 나타낸 單位를 組立할 수 있다. 그러므로 SI單位는 이제까지 우리가 써오고 있는 單位를 簡素化했으며 統一化한 것이다.

예를 들면 denier單位는 重力單位인 gf/m가 아니고 1/9000 gf/m 이므로 1/9000이라는 常數가 必要하다. 또

다른 예를 들면 꼬임수는 turns/in로 써왔는데 이것을 CGS單位系로 換算하기 위해서 turns/2.54cm 또는 (1/2.54)cm⁻¹와 같이 되어서 常數 1/2.54이 必要로 했다. SI單位를 쓰면 이와 같은 換算係數가 必要치 않게 된다. 그 理由는 SI單位는 어느 物理量에 對應하는 單位가 한가지 뿐이기 때문이다.

SI單位에서는 質量的 單位와 힘의 單位를 明白하게 區分하고 이들을 各其 틀리는 名稱으로 呼稱하고 있다. 또 energy의 單位와 power의 單位를 統一해서 現行的 單位系처럼 應用分野別로 틀리게 單位를 呼稱하지는 않는다.

SI單位를 使用할 때는 倍數나 分數의 表示는 10⁻¹⁸~10¹⁸사이의 廣範圍한 범위를 取한다. 그리하여 SI單位에서는 表 2와 같이 倍數나 分數의 表示를 한다.

表 2.

| 倍 數 | 接 頭 語 | 記 號 | 倍 數 | 接 頭 語 | 記 號 |
|------------------|-------|-----------|-------------------|-------|----------|
| 10 ⁸ | exa | <i>E</i> | 10 ⁻¹ | deci | <i>d</i> |
| 10 ¹⁵ | peta | <i>P</i> | 10 ⁻² | centi | <i>c</i> |
| 10 ¹² | tetra | <i>T</i> | 10 ⁻³ | milli | <i>m</i> |
| 10 ⁹ | giga | <i>G</i> | 10 ⁻⁶ | micro | <i>μ</i> |
| 10 ⁶ | mega | <i>M</i> | 10 ⁻⁹ | nano | <i>n</i> |
| 10 ³ | kilo | <i>k</i> | 10 ⁻¹² | pico | <i>p</i> |
| 10 ² | hecto | <i>h</i> | 10 ⁻¹⁵ | femto | <i>f</i> |
| 10 ¹ | deca | <i>da</i> | 10 ⁻¹⁸ | atto | <i>a</i> |

3. 基本單位와 補助單位

SI單位의 基本單位와 補助單位는 表 3과 같다.

表 3.

| | 物 理 量 | 呼 稱 | 記 號 | 備 考 |
|------|-----------|-----------|-----|---------------------|
| 基本單位 | 길 이 | meter | m | Length |
| | 질 량 | kilogram | kg | Mass |
| | 時 間 | second | s | Time |
| | 電 流 | ampere | A | Electric current |
| | 熱 力 學 溫 度 | kelvin | K | Temperature |
| | 物 質 量 | mole | mol | Amount of substance |
| | 光 度 | candela | cd | Luminous intensity |
| 補助單位 | 平 面 面 | radian | rad | |
| | 立 體 面 | steradian | sr | |

이들 基本單位는 다음과 같이 定義된다.

① meter : krypton-86原子에서 放射되는 orangeed 放射線(spectropic designation 2p₁₀-5d₅)이 眞空內에서

갖는 波長의 1,650,763.73배에 해당하는 길이

② kilogram: SI單位에서는 kilogram이 重力이나 힘의 單位가 아니고 質量的 單位이다. 이는 現行的 國際

原器의 質量과 같다. 卽 프랑스의 Sévres에 保管된 platinum-irridium cylinder의 質量을 基準으로 한다.

③ Second: Caesium-133原子가 基底 energy level에 있고 두가지의 超微細準位間을 遷移할 때 發生하는 放射線이 9,192,361,770週期를 갖는데 必要한 時間

④ Ampere : 眞空中에서 1m 間隔을 띄워서 平行하게 놓여져 있는 無限少의 圓形斷面積을 갖고서도 無限히 긴 끈은 導體內를 흐르며 이 導體 1m當에 2×10^{-7} newton의 힘을 생하게 하는 不變電流의 量

⑤ Kelvin : 熱力學的溫度的 單位로서 물의 三重點의 溫度的 1/273.15이다.

⑥ mol : 0.012kg의 ^{12}C 와 同數의 構成要素를 갖는系

의 物質量

⑦ Candela : 壓力 101,325N/m²일때 白金이 凝固하는 溫度에서 面積이 1/600,000m²인 平面 黑體의 表面에서 發散하는 垂直方向의 光度

以上の 7가지 基本單位中에서 kg單位만은 國際 kilo gram 原器의 質量으로 定義한 人爲의인 것이지만 그外는 모두 高度의 精密度를 가지고 再現性이 큰 現象을 基準으로 한 單位이다.

表 3에 나타낸 單位記號를 使用할때는 period[.]나 複數形[s]를 쓰지않고 또 記號는 모두 小文字로만 表示하되 Ampere單位의 記號만 大文字로 表示한다.

表 4.

| 物 理 量 | 組 立 單 位 | | SI 單 位 의 演 算 |
|------------------|---------|-----|--------------------------|
| | 名 稱 | 記 號 | |
| 週 波 數 | Herz | Hz | 1Hz=1(cycle)/s |
| 힘 | Newton | N | 1N=1kg·m/s ² |
| 壓力·應力 | Pascal | Pa | 1Pa=1N/m ² |
| energy·일·熱量 | Joule | J | 1J=1N·m |
| 工 率 | Watt | W | 1W=1J/S |
| 電荷·電氣量 | Coulomb | C | 1C=1A·s |
| 電位·電位差·電壓·起電力 | volt | V | 1V=1J/C |
| 靜電容量·capacitance | Farady | F | 1F=1C/V |
| 電氣抵抗 | Ohm | Ω | 1Ω=1V/A |
| conductance | Simense | S | 1S=1Ω ⁻¹ |
| 磁 來 | Weber | Wb | 1W _b =1V·s |
| 磁來密度·磁氣誘導 | Tessa | T | 1T=1Wb/m ² |
| inductance | Henry | H | 1H=1Wb/A |
| 光 來 | Lumen | lm | 1lm=1cd·sr |
| 輝 度 | Lux | lx | 1lx=1lm/m ² |
| 放 射 能 | Bequara | Bq | 1Bq=1 (disintegration)/s |
| 吸 收 線 量 | Grey | Gy | 1Gy=1J/kg |

表 5.

| 物 理 量 | 組立單位 (A) | 實用 SI單位 (B) | (A)를 (B)로 換算할 때의 係數 |
|------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|---|
| 길 이 | m | μm, mm, cm | 10 ⁶ , 10 ³ , 10 ² |
| 線 密 度 | kg/m | tex | 10 ⁶ |
| Twists, Thread Spacing | — | ends/cm, turns/cm | 10 ⁻² , 10 ⁻² |
| Areal density | kg/m ² | g/m ² | 10 ⁻³ |
| Cover factor | kg ^{1/2} /m ^{3/2} | (threads/cm) √tex × 10 ⁻¹ | 1 |
| Twist factor | kg ^{1/2} m ^{3/2} | (turns/cm) √tex | 10 |
| 힘 | N | mN | 10 ³ |
| Specific stress | Pa·m ³ /kg | mN/tex | 10 ⁻³ |
| Tenacity, specific | Nm/kg, J/kg, | N/tex | 10 ⁻⁶ |
| Work of rupture | m ² /s ² | | |

4. 組立單位

SI單位를 代數演算하면 實用上으로 쓰일 수 있는 여러가지의 組立單位를 誘導할 수 있다. 다만 演算結果로 얻어진 組立單位的 係數는 반드시 1.0이 되어야 한다.表 4에는 固有名稱의 單位와 SI單位的 組立方法을 나타냈다.

纖維工學에서 자주쓰이는 物理量의 組立單位를 나타내보면 表 5와 같다.

5. SI單位의 利用

例 1. 어느 纖維가 90,000 lbf/in²의 stress를 가지고 있다. 이것을 SI單位로 고쳐라.

(解) 數表를 利用하면 1lbf=4.44822N이고 1 in=25.4mm이므로

$$\frac{\text{lbf}}{\text{in}^2} = \frac{4.44822}{(2.54 \times 10^{-3})^2} \text{N/m}^2$$

그러므로 求하는 答은 90,000×6,895N/m²=620,550,000N/m². 이답은 纖維의 斷面積을 m²로 나타냈기 때문에 不合理하므로 다음과 같이 實用 SI單位로 고쳐야 한다. 그러므로 表 5를 利用해서

$$620,550,000 \times 10^{-6} \text{N/mm}^2 = 620.55 \text{N/mm}^2$$

또는 620,550,000×10⁻⁶×10⁻⁶=0.62KN/mm²

例 2. Ne16綿絲 53,760yd는 몇 km인가?

(解) 1yd=0.9144m이므로

$$\frac{53,760 \times 0.9144}{1000} = 49.16 \text{km}$$

例 3. 어느 織物의 長이가 110yd이고 나비는 46in이다. SI單位로 換算하라.

(解) 長이 110×0.9144=100.6m

$$\begin{aligned} \text{나비} \quad \frac{46 \times 25.4}{1000} &= 1.168 \text{m} \\ &= 1.17 \text{m} \end{aligned}$$

넓이 100.6×1.17=117.7m²

例 4. 앞의 例에서 직물의 무게는 9oz/(yd)²이다 SI單位로 換算하라.

(解) 1^{lb}=16^{oz}이고 1^{lb}=0.4536kg이므로

$$\frac{9 \times 0.4536 \times 10^3}{16 \times (0.9144)^2} = 33.52 \text{g/m}^2$$

例 5. 어느 織物이 탈때 불꽃이 傳播되는 速度 V는 다음式으로 決定된다.

$$WV=9.3$$

w는 oz/(yd)²單位의 織物무게이고 V는 in/sec 單位이다. 이 關係式을 SI單位로 換算하라.

$$\text{(解)} \quad 1 \text{oz}/(\text{yd})^2 = \frac{1 \times 453.6}{16 \times (0.9144)^2} = 33.91 \text{g/m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{그러므로 } WV &= 9.3 \times 33.91 \times 2.54 \\ &= 801.1 \end{aligned}$$

6. 纖維工學에서의 SI單位導入

纖維工學에서 SI單位를 導入할때는 앞의 보기에서 처럼 組立單位를 實用SI單位로 다시 換算해야 한다는 問題點이 擡頭된다. 그러기 때문에 表 5에서와 같이 組立單位를 實用SI單位로 換算하는 係數를 提示했다.

例를 들면 組立單位에서 線密度는 N/m이지만 이것은 ktex tex dtex mtex 등의 實用單位로 換算이 되어야 한다. 이와 같은 換算에서는 다음과 같은 事項을 주의할 必要가 있다. 例를 들면 Ne20綿絲는 29.53tex인데 Ne20이 呼稱번 수일 경우는 換算結果를 30tex로 나타내는 것이 便利할 것이다.

또 다른 한가지의 問題點을 들면 纖維의 tenacity를 나타내는 g/d單位가 있다. 이것은 N/tex 또는 gf/km로 換算되어야 하는데 이 경우에도 實用SI單位를 생각해서 mN/tex로 되어야 한다.

이러한 問題들 때문에 組立單位를 纖維工業에서 쓰이는 實用SI單位를 나타내는 表 5는 더 研究되어야 한다. 이에 對한 參考로 쓰일수 있게 하기 위해서 表6을 나타내 놓는다.

表 6.

| Property | SI unit | Abbreviation | To convert to SI units, multiply value in unit given by factor below: | |
|---------------------------------|--|--|---|-------|
| Length | millimetre | mm | inch | 25.4 |
| | metre | m | yard | 0.914 |
| | centimetre | cm | inch | 2.54 |
| Width | millimetre | mm | inch | 25.4 |
| | centimetre | cm | inch | 2.54 |
| Test or gauge length | millimetre | mm | inch | 25.4 |
| Thickness | millimetre | mm | inch | 25.4 |
| Linear density | tex | tex | Reference should be made to B. S. 947:1970 | |
| | millitex | mtex | | |
| | decitex | dtex | | |
| | kilotex | ktex | | |
| Diameter | micrometre (micron) | μm | $\frac{1}{1000}$ inch (mil) | 25.4 |
| | millimetre | mm | inch | 25.4 |
| Threads in cloth: length width | number per centimetre | picks/cm | picks/inch | 0.394 |
| | number per centimetre | ends/cm | ends/inch | 0.394 |
| Warp threads in loom | number per centimetre | ends/cm | ends/inch | 0.394 |
| Stitch length | millimetre | mm | inch | 25.4 |
| Courses per unit length | number per centimetre | courses/cm | courses/inch | 0.394 |
| Wales per unit length | number per centimetre | wales/cm | wales/inch | 0.394 |
| Cover factor (woven fabrics) | (threads per centimetre) $\sqrt{\text{tex}} \times 10^{-1}$ | (threads/cm) $\sqrt{\text{tex}} \times 10^{-1}$ | $\frac{(\text{threads/inch})}{\sqrt{\text{cotton count}}}$ | 0.957 |
| Mass per unit area | grams per square metre | g/m^2 | oz/yd ² | 33.9 |
| Twist | turns per metre | turns/m | turns/inch | 39.4 |
| | turns per centimetre | turns/cm | turns/inch | 0.394 |
| Twist factor (or multiplier) | (turns per centimetre) $\sqrt{\text{tex}}$ | (turns/cm) $\sqrt{\text{tex}}$ | $\frac{(\text{turns/inch})}{\sqrt{\text{cotton count}}}$ | 9.57 |
| | | | $\frac{(\text{turns/inch})}{\sqrt{\text{worsted count}}}$ | 11.70 |
| Breaking load | millinewton | mN | gf | 9.81 |
| | newton | N | kgf | 9.81 |
| Tearing strength | newton | N | lbf | 4.45 |
| Tenacity | millinewtons per tex | mN/tex | gf/den | 88.3 |
| Specific stress | millinewtons per tex | mN/tex | gf/den | 88.3 |
| Bursting pressure | kilonewtons per square metre | kN/m ² | lbf/in ² | 6.89 |
| Bending rigidity | millinewtons square millimetres | mN mm ² | gf mm ² | 9.81 |