

あなたの単位の使い方は間違っている！

国際単位系 S I 単位



大学で教える単位系は曖昧だった！

* 単位の間違いを指摘してください！

質量の単位は、kg である。
密度 (g/cm^3) とは、単位体積あたりの質量のことである。
重量、重さ、荷重の単位は、どれも kgf である。
体重計で計ったら 60kg となった。これは質量のことである。

結構、曖昧ではっきりしなかったのではないのでしょうか？
上記は全て正しい文ですと言ったら戸惑うことでしょう。
私たちは、大学に進んでから今まで当たり前に使っていた単位が、実はかなり曖昧な使い方をしてきたことに気づかされます。
高校の物理の先生は、明確に S I 単位を使用し、教えてくれました。しかし、工学系の大学の先生は、S I 単位とは異なる単位系で私たちに指導をしました。
皆さんがこれから途惑う根元は、この辺にあるのです。また、S I 単位が計量法の施行直前まで何も進まないのも、大学の先生方が一番乗り気でなかったからかもしれません。

と言っても今更大学の先生の指導がうんぬん... 等と言うつもりはありません。

まずは、S I 単位系への頭の切り替えをスムーズに行うことが肝要です。そのためには何が間違いで、どこが曖昧だったか明確にする必要があります。

以下の説明では、頭の切り替えがし易いように簡潔な説明としました。よって、正確な記述となっていない所がありますことご了承ください。



質量と重量

質量の単位はと言うと次の式を思い浮かべます。

$$\text{力 (kg)} = \text{質量} \times \text{加速度 (m/s}^2\text{)}$$

よって質量の単位はこれから組み立てられる ($\text{kg} \cdot \text{s}^2/\text{m}$) です。しかし、これは工学系の閉じた世界で使われていただけで、物理の基本からすると、邪道なのです。

よって、この考え方をきれいさっぱり忘れていただくのが S I 単位系です。

質量の単位は、kg です。これが基本単位ですから、これを理屈無しで覚えましょう。(すべてはここから始まります)

質量は、引力に関係ない普遍的な大きさです。どのようにしてその大きさが決まるかと言うと、キログラム原器と言う分銅(質量を決める標準となるおもり)があり、その重さを1kgとします。月にてその分銅を秤(はかり)で計ったとしても、その示した目盛りを1kgとしますから、宇宙どこでも普遍的な大きさとして定義できます。(無重力では計れない等と遊んでいる暇はありません)

質量は基本単位の kg を用いると定義するわけですが、今まで使用していた重量の単位は kg でなくなるのでしょうか？ 体重計で計った 60kg とは、何なのでしょうか？



力と重量

次のことも無条件に覚えて下さい。

1N(ニュートン)とは、質量 1 kg の物体に 1m/s^2 の加速度を生じさせる力を示します。 $1\text{N} = 1\text{kg} \cdot \text{m/s}^2$

物体が落下することを想像してください。質量 1 kg の物体を落下させたとする、重力加速度 (9.8m/s^2) で移動します。ここには引力と言う力が作用したと考えられます。その力の大きさは、 $9.8\text{N} = 1\text{kg} \times 9.8 \text{ m/s}^2$ となります。宇宙の無重力状態のところでもこのことが言えます。質量 1kg の物体を重力加速度と同じ加速度にて飛ばすためには、やはり 9.8N という力を作用させなければなりません。このニュートンとは力の単位ですが、工学単位系では使用していませんでした。今まではどのような単位を使っていたのでしょうか？ それは kg f (キログラム重) という単位です。

1 kg f とは、1 kg の物体に重力加速度(9.8m/s^2)を生じさせる力です。この力を今までは、「重力」と呼んだり「重さ」や「重量」と呼んでいました。

ここで整理すると1kgの質量に対して引力により生じる力は、工学単位系のキログラム重で表すと1 kg f です。S I 単位系のニュートンで表すと9.8N となります。

(1 kg f = 9.8 N)



秤は何を計っているか？

質量1 kg の物体が秤の上で制止していたとしてもそこには力(すなわち引力)が作用しています。その秤が質量を計る秤なら、1 kg を示します。力を計る秤なら、1 kg f を示します。S I 単位系での力を計っているなら9.8 N を指さなければなりません。

体重計の単位がどう表示されているか見てください。案外 kg と書いてあっても kg f と書いてあるのは少ないと思います。体重計は重さ、重量と言う力の大きさを計っているわけでやはり kg でなく、kg f と表示すべきです。kg と表示するなら質量を計っていることとなります。

しかし、kg であっても kg f であっても秤が示す数値は同じです。それなら面倒な話は抜きにして、質量 = 重量 = 力 = kg = kg f と考えた方が面倒でなく生活上何も困らない。簡単だ。分かりやすい。この辺からこの曖昧さが現在も続いているものと思います。しかし、物理系の基本は 力 = 質量 × 加速度 であり、質量を kg と定義する以上これからは力を曖昧なままではすまされないのです。



2000年問題より怖いS I 単位系への移行

世は2000年問題を社会問題として大きく取り上げています。S I 単位系への移行などはまったくテレビに登場しません。しかし、工学系においては2000年問題の比ではないくらい大きな問題を含んでいます。

それは、今までは質量1 kg でも力の1 kg f でも区別せず1 kg と呼んで混乱がありませんでした。ところが、この便利な kg f が S I 単位系では使用できなくなります。それゆえ、力の作用1 kg f は9.8 N と呼び変えなければなりません。質量か力かで数値が一桁違ってきます。

重量という便利な言葉が無くなることはないでしょうが、安易には使いません。と言うのも、重量と言う言葉が力（ニュートン）として使っているだけならいいのですが、今までのkg f の感覚で質量（kg）と同じ数値で使うこともあるからです。

S I 単位系の世界では体重計は質量計のことを差すことになるのでしょ。なぜなら体重計を今まで通り重量（=力）の単位で表すと、今まで50キロの体重の女性が10倍近い500ニュートンとなりますので絶対そんな秤は売れないからです。今後も重量との呼び方は残るでしょうが、体重50kgと言うときは重量（力）でなく厳密には質量を計っていると認識すべきです。

「テレビの重量：10kg」との表現が今後は「テレビの質量：10kg」と正確に表示するメーカーも出てきます。注意して見てください。

密度（ kg/m^3 ）は、単位体積あたりの質量である。
単位体積重量（ kN/m^3 ）は、単位体積あたりの重量（力）である。
質量か力かは、単位を見て判断します。

このように、工学の世界では重量は力だとか、質量のことであるとか簡単に決め付けられません。前述のように、密度は質量のことで単位体積重量は力の単位だからです。

今まで曖昧であった重量は、今後は質量として現れたり、力として現れたりします。どちらで表現しているかで一桁数値が違ってきますが、この辺を意識して対処すれば、過ちは少なくなるでしょう。



本年10月 いよいよS Iへ移行

計量法によるS I 単位への移行時期（1999年10月1日）が迫ってきました。これにより契約時の取引・証明に用いる設計図書等の文書については全てS I 単位のみで表記することが義務づけられます。罰則規定についても定義されており、これに違反した場合は50万円以下の罰金となっているようです。



S I 単位とは

S I 単位とは国際単位系の意味で、その主旨としては基本的には世界各国間での製品の輸出入を始め、技術情報の

相互理解をスムーズに進めるために、基本となる物理的単位を地球規模で揃えるために制定されています。そういう意味では今流行のグローバル・スタンダードと言えます。その歴史は古く1960年の国際度量衡総会で採択、勧告がなされています。

我が国のS I単位への移行については、計量法が1992年に改正され、今世紀末までのS I単位への統一を目指して、その時点で既にその執行時期が今年の10月1日になっていたわけです。

S I単位の数値的な意味については鋼材・コンクリートの呼称等が既にS I化されているので充分にご理解されていると思いますが、簡単に表現すると、S I単位系では質量と力(重量)を区別するために質量1 kgの物質に 1m/s^2 の加速度を生じさせる力を1 Nとして規定しています。これは力=質量×加速度で表すといった物理学の世界での当然の考え方から来ています。しかし、我が国の建築工学の世界では質量の単位(kg, t)と力の単位(kgf, tf)が区別されずに使われていました。

建築構造設計で用いられている主なS I換算率の表を次ページに示しておきますので参照して下さい。



S I単位系への換算例

$$1 \text{ kgf} = 9.80665\text{N}$$

数値の丸め方は、換算される数値の有効数字を損なわないように丸める。

1) 単位体積重量の単位換算

コンクリートの単位体積重量

$$2300\text{kgf}/\text{m}^3 = 2300 \times 9.807\text{N}/\text{m}^3 = 22540\text{N}/\text{m}^3 \\ = 22.54\text{kN}/\text{m}^3$$

2) 応力度の単位換算

$$240\text{kgf}/\text{cm}^2 = 240 \times 9.807\text{N}/(100\text{mm}^2) = 23.57\text{N}/\text{mm}^2$$

1 Nは、1kgf の約10分の1の小さな値なので、
cmをmm換算して応力度を求めます。よって、
だいたい $1\text{kgf}/\text{cm}^2 \approx \frac{1}{10} \text{N}/\text{mm}^2$ と覚えましょう!

3) 鉄筋記号の変更

S D 35 (従来記号)

$$\text{基準強度 } 35\text{kgf}/\text{mm}^2 \quad 35 \times 9.8\text{N}/\text{mm}^2 = 343\text{N}/\text{mm}^2$$

S D 345 (S I単位系での記号)



建築分野で使われる主なS I 単位換算率表

| | | | |
|---|--------------------------|--------------------------|--------------------|
| 力 | dyn | kgf | N |
| | 1 | 1.01972×10^{-6} | 1×10^{-5} |
| | 9.80665×10^{-5} | 1 | 9.80665 |
| | 1×10^5 | 1.01972×10^{-1} | 1 |

太字 …… S I による単位

| | | | |
|-------|--------------------------|--------------------------|-----------------------|
| モーメント | kgf·m | tf·m | N·m |
| | 1 | 1×10^{-3} | 9.80665 |
| | 1×10^{-3} | 1 | 9.80665×10^3 |
| | 1.01972×10^{-1} | 1.01972×10^{-4} | 1 |

| | | | | | |
|----|--------------------------|--------------------------|------------------------|-----------------------|--------------------------|
| 応力 | kgf/mm ² | kgf/cm ² | N/m ² (=Pa) | kPa | N/mm ² (=MPa) |
| | 1 | 1×10^{-3} | 9.80665×10^6 | 9.80665×10^3 | 9.80665 |
| | 1×10^{-2} | 1 | 9.80665×10^4 | 9.80665×10 | 9.80665×10^{-2} |
| | 1.01972×10^{-7} | 1.01972×10^{-5} | 1 | 1×10^{-3} | 1×10^{-6} |
| | 1.01972×10^{-4} | 1.01972×10^{-2} | 1×10^3 | 1 | 1×10^{-3} |
| | 1.01972×10^{-3} | 1.01972×10^{-1} | 1×10^4 | 10 | 1×10^{-2} |
| | 1.01972×10^{-1} | 1.01972×10 | 1×10^6 | 1×10^3 | 1 |

| | | | | |
|--------|------------------------------------------|--------------------------|--------------------|-----------------------|
| 単位体積重量 | gf/cm ³ (=tf/m ³) | N/cm ³ | kN/m ³ | N/m ³ |
| | 1 | 9.80665×10^{-3} | 9.80665 | 9.80665×10^3 |
| | 1.01972×10^2 | 1 | 1×10^3 | 1×10^6 |
| | 1.01972×10^{-1} | 1×10^{-3} | 1 | 1×10^3 |
| | 1.01972×10^{-4} | 1×10^{-6} | 1×10^{-3} | 1 |



S I 移行への準備は

法施行までに猶予期間が7年間設けられ、小中高教育の場では着々と教育が行われて来ました。しかしながら建設業界の実務の現場では意外と多くの方がこの事実に気付いておられなかったのではないのでしょうか。

物理学の世界においては当然の感覚ですが、我々建築構造技術者を含む工学の世界ではその感覚は持ち合わせてはいませんでした。

設計者の実務経験により身に付いた数値的感覚である経験知は計算検討時には大切で、これを急に変換対応しようとしても無理があり先送りにされていたような気がします。本来なら7年間をかけてソフト・ランディングのストーリーを描いていたはずだったと思われませんが現実はそのいきませんでした。

日本建築学会においても「建築分野でも可及的なすみやかな移行が望まれる」の一文は計算規準書等の後付に以前から付いていますが、「RC計算規準」の改訂は今年の11月を予定しているようですので、必ずしも可及的なすみやかな移行とは言えず、実際は計量法猶予経過後の早急な対応となりそうです。



実務の現況は

我々が一番注目している行政の取り扱いについては建設省が建築基準法と関係法令のS I 単位への読み替え方針を当初、「3月中に何らかの方向を示したい」から6月現在、「早ければ6月半ば、遅くても7月中に出したい」と遅れている状況です。設計実務者も、この辺りの取り扱い方針がはっきりしていない段階での見切り発車に対応して行かれることになっています。

そんな中、S I 単位導入にはプログラム・メーカーの対応にかかってくるとも言われています。この辺りは当社も含め施行までには間に合うものと思われそうですが、むしろ問題はこのような表面的なことより構造技術者の内面に位置づけられる感覚の切り替えではないでしょうか。単なるkgfがN(ニュートン)に変わるというだけでなく、組み合わせ単位(kgf/cm²)(N/mm²)において、cmからmmとなるもの又はmに変わるもの等、慣用となる組み合わせ単位の習得はもちろん、慣れが要求されます。

今後、危惧される問題として不慣れによる設計計算時の桁取りの間違いによる設計ミスが考えられます。なお、建設省等監修「建設事業における国際単位系(S I)移行のガイド」には、建設サイトでのクレーンの吊揚げや足場の積載(重量、荷重と質量の区別)、ガスボンベや油圧ゲージ等の機器類の表示の変更による勘違いや不注意等による事故等も挙げられていますので十分に注意が必要です。



NOTE

余談ですが景気が停滞している現在、S I 単位導入を景気浮揚策の一貫として考えるような政治的な取り組みのストーリーは考えられなかったのでしょうか。S I 単位の移行事業は消費税率up、どころではなく2000年問題に匹敵しても劣らない社会システムの変革が必要となるため、実施方法いかんでは経済効果を十分に期待できると思います。それにしても国際単位系への移行と世界規模的動きがありながらも未だに動ぜず長さや重さをフィート、ポンドにて慣用している米国実務者のアイデンティティーには敬服致します。意識の低さなのか、それとも実務者の力なのでしょう。

「参考文献」

- ・建設事業における国際単位系(S I)移行のガイド (財)先端建設技術センター
- ・鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 (社)日本建築学会
- ・建築構造問題快答集 15 (株)建築技術 (問94-回答) 半貴敏夫
- ・日経アーキテクチュア 1999. 3. 8 ・日経アーキテクチュア 1999. 6. 14