

## SI 単位導入方策に対する Q &amp; A

土質工学会「土と基礎」編集委員会

## はじめに

土質工学会は SI 単位をスムーズに導入する第一歩として、「SI (国際単位系) の導入方策案」を1978年1月に「土と基礎」に公表し、その後この導入方策案を1979年9月以降「土と基礎」、各種「シンポジウム」「土質工学研究発表会」などにおいて順次実施してきた。一方、JIS や土木学会では従来単位に SI 単位を併記することを義務づけており、また「土質工学会論文報告集」でも SI 単位を原則として使うことを明記しています。このような状況下において、本学会の「導入方策」は一般会員に十分に理解されていない点があるようです。

そこで、「土と基礎」編集委員会が中心となって、「導入方策」の基本的な考え方、および会員の方々から寄せられた疑問点、意見などについて、土質工学会の SI 単位導入委員会の三木委員長にその説明および解答をしていただく機会を設けました。本資料はその内容を Q & A 形式にまとめたものであり、会員の方々が「導入方策」の理解を深めるために役立てば幸いです。

## 1. 「導入方策」の基本的考え方とその方針

Q<sub>1</sub>: SI 単位導入方策の目的あるいはポイントはどういうところにあるのでしょうか?

A<sub>1</sub>: 従来単位 (重力単位) から SI 単位にすぐ切りかえるということだけでなく、今までの単位を正確に使いましょうということです。つまり、従来単位を一挙に SI 単位に変えますと、いろいろな面で混乱を招く恐れがあるので、一たん、「導入方策」に従って従来単位を正しく使い分けておけば、SI 単位に切りかえることが非常に楽になるわけです。たとえば、今までは質量と重量の単位を区別せずに使っていましたが (Q<sub>10</sub> 参照)、これを今後のはっきりと区別して使おうというわけです。それと同時に、今まで使われていた単位の中にも、そのまま SI 単位として使われるものがありますが、単位記号の表し方が変わったものもあり、これについてはこの機会に今までの単位に変えて SI 単位を使うこととなります。

Q<sub>2</sub>: ということは「導入方策」は将来 SI 単位へ移行する過渡的な段階ということになるわけですね。しかし、こういうことまでして将来 SI 単位を導入する必要性やメリットはどこにあるのでしょうか?

A<sub>2</sub>: メートル法が国際統一単位系として承認されたのが1875年ですからすでに100年をこえたのですが、この間の科学技術の広範かつ急速な進展につれて、同じメートル法の中でも多くの種類の単位系が使われるようになりました。たとえば物理学者が CGS 単位系を用い、我々が重力単位系を用いるといった具合です。

しかし、もともとメートル法の目的は、世界中が一つの単位系で統一されることにあります。このため戦後になってメートル法の再統一が国際的に論議されるようになり、メートル条約加盟国のすべてが採用できる実用的な計量単位として、いま問題の SI 単位が1960年に初めて誕生したのです。

これを最初に強力に導入したのはそれまで「ヤード・ポンド法」によっていた英国でした。やがて EE 諸国もこの SI 単位を法定単位にすることに決めて、既に実施に踏み切っています。今や先進国では、少なくとも公的には SI 単位を用いるのが常識となっており、各国の教科書はもちろん、国際会議などでもこれによるのが普通となりました。

ところが我が国は、比較的最近全面的に尺貫法からメートル法に変わったばかりですが、世界の態勢は同じメートル法でも我々になじみの深い重力単位ではなく、絶対単位系である SI 単位系へと変わってしまいました。しかし現在のような情報化時代に、日本だけが自分の都合で旧来の単位を使い続けることは許されません。それがいかに悲劇的な結果をもたらすかは、バスに乗り遅れて現在は単位の混迷期にある米国の情勢がよく示しています。国際社会に生きねばならない我々は、いずれ近い将来には SI 単位へと移行せざるを得ないのです。

Q<sub>3</sub>: 最初のお話到现在まで使われていた単位の中で単位記号の変ったものがあるとのことですが、具体的にはどんなものがありますか?

A<sub>3</sub>: 一番多いのは時間に関するもので、day (日) は d に、hr (時間) は h に、sec (秒) は s に変わります。たとえば 40km/hr というのは 40 km/h になります。それから土粒子の粒径を示す単位として  $\mu$  (ミクロン) を使っていましたが  $\mu\text{m}$  (マイクロメートル) に、容積 cc は ml に変わるなどが代表的な例です。

Q<sub>4</sub>: 土質工学会の論文報告集や土木学会などでは SI 単位

## 資料—356

の全面的な導入、あるいは従来単位に SI 単位を併記する形をとっています。しかし「導入方策」では SI 単位を併記しないことを明記していますが、これはなぜですか？

A<sub>4</sub>: 従来単位に換算値を単純に併記することが SI 単位の理解を深めることになるとは思いません。数式の中には式そのものの形が変わるものもあります。また併記すると式や図が複雑になるだけの場合も多いでしょう。そこで現時点では機械的な併記より、むしろ SI 単位に移行するに際して、単位の本質的な理解をはかることが重要だと考えています。ですから、先ほど話しましたように、従来の単位の使い方が正確でないものは、正しく使うようにすれば、SI 単位に変わったときに換算だけでスムーズに移行できるというのが土質工学会の基本的な考え方です。

Q<sub>5</sub>: SI 単位が全面的に導入されている分野から「土と基礎」へ投稿する場合には「導入方策」を通り越して全面的に SI 単位を使用することになると思います。このような場合はどうすべきでしょうか？

A<sub>5</sub>: 土質工学会は現時点で「導入方策」を実施している段階ですから、投稿に際してはそれに従ってもらうことになるでしょう。

現在、多くの会員はまだ単位そのものには不慣れだということに注意をしていただかなければなりません。

## 2. 今後の移行予定

Q<sub>6</sub>: 昭和54年9月から土質工学会では「導入方策」が実施されています。将来は SI 単位の全面的な導入になると思いますが、その中間段階があるのでしょうか、あればその予定はどうなっているのでしょうか？

A<sub>6</sub>: 土質工学会では次の段階がどのようなものであるか、またいつ移行するかなどは全く決めておりません。しかし将来的な展望を考えると、今申し上げたように土質工学会としても SI 単位を導入すべきです、その計画を立てる必要もあるでしょう。参考ですが、日本工業標準調査会では我が国の SI 単位への移行方法として、3段階に分けて導入することを提案しています。つまり

第1段階 従来単位に SI 単位を { } 書きで併記する。

第2段階 SI 単位に従来単位を { } 書きで併記する。

第3段階 SI 単位のみにする。

の3段階です。JIS は現在第1段階ですから SI 単位が { } 内に併記されているわけです。しかし、JIS が現在のところいつ第2段階に移行するかは決まっています。

Q<sub>7</sub>: SI を早晚導入すべきであれば、次段階あるいは SI 単位導入までの計画を早急に示した方が得策と思われませんが、何か問題点があるのでしょうか？

A<sub>7</sub>: もちろん、スムーズに SI 単位が導入できるならばそれでもけっこうですが、現状では標準重力加速度  $g_n$  をいくりにするのか、あるいは数式が変わるものはどうするかなどを含めて総合的に考える必要があります、ある程度の時間を必要とするのではないかと思います。

Q<sub>8</sub>: 標準重力加速度は国際的に標準化された一定の値であり、いくりにするかという問題はないと思いますが？

A<sub>8</sub>: これは標準重力加速度の有効数字をどのくらいまで考えるかということです。土質工学での精度を考えた場合にはあまり有効数字を増やす意味はないと思います。例えば土木学会では標準重力加速度を  $9.8 \text{ m/s}^2$  としていますが、ドイツでは  $10 \text{ m/s}^2$  と割りきって考えて換算を容易にしているのです。

Q<sub>9</sub>: 最終的には SI 単位を導入するなら、タイムスケジュールをはっきり決めて、「導入方策」をやめて、全面的に SI 単位に移行した方がよいという意見も一部にはありますが、いかがでしょうか？

A<sub>9</sub>: 確かにそういう考え方もあると思います。しかし、今の時点で我々は SI 単位を使いきる自信がないこと、特に現場との関連を考えると非常に難しいのではないのでしょうか。

## 3. 質量と重量の違い

Q<sub>10</sub>: 今まで、我々は質量と重量の単位を区別せずに使用していたというお話ですが、質量と重量の違いを詳しく説明してください。

A<sub>10</sub>: ご存知のように質量はどこでも物理的に不変の量ですが、重量はその物体の質量と重力加速度の積ですから、その物体の置かれた場所により、値が異なるわけです。そして我々が使っている重力単位では、質量の単位は kg、重量の単位は kgf ですが、従来はこの両方に対して kg と書くことが多かったのです。

Q<sub>11</sub>: はかりは質量をはかるものだというのですが、はかりの計測方法もいろいろあり、その測定原理が同じではないと思います。たとえば、ばねばかりは明らかに重量をはかっていると思いますが、このあたりはどう考えたらよいのでしょうか？

A<sub>11</sub>: ひょう量には代表的なものとして、天びん方式とばね方式があると思います。天びん方式は既知の質量の力の効果を未知の質量の力の効果と比較することを可能にしたものです。これに対してばね方式は、たしかに直接には重量（対象物体が地球によって引張られるときに作用する力）を決定するものです。しかし一般に市販のばねばかりではその目盛は質量に換算したものがつけてあるわけですから、通常はばねばかりではかってもその値

表一 「導入方策」における記号表現の実例

従 来 の 表 現	「導入方策」による表現	備 考
長 さ 10 cm 粘土粒子の径 5 μ (マイクロン) 面 積 3ha (ヘクタール) 蒸 留 水 100 cc	長 さ 10 cm 粘土粒子の径 5 μm (マイクロメートル) 面 積 3ha (ヘクタール) 蒸 留 水 100 ml	
10 t ト ラ ッ ク  前 輪 荷 重 4 t 浮 力 100 t せん断応力 5 kg/cm <sup>2</sup> 弾 性 係 数 300 kg/cm <sup>2</sup> 主 働 土 圧 $p_a = \gamma Z K_a (t/m^2)$  単位体積重量試験	自 重 (質量) 10 t のトラック あるいは積載荷重 10 tf のトラック 前 輪 荷 重 4 tf 浮 力 100 tf せん断応力 5 kgf/cm <sup>2</sup> 弾 性 係 数 300 kgf/cm <sup>2</sup> 主 働 土 圧 $p_a = \gamma Z K_a (tf/m^2)$ あるいは 主 働 土 圧 $p_a = g_n \rho Z K_a (tf/m^2)$ 密 度 試 験	質量と重量の区別をはっきりさせる。
乾 燥 密 度 $\gamma_d = 1.2 (t/m^3)$ 湿潤単位体積重量 $\gamma_t = 1.5 (t/m^3)$ 含 水 比 $w = \frac{W_a - W_b}{W_b - W_c} \times 100 (\%)$	乾 燥 密 度 $\rho_d = 1.2 (t/m^3)$ 湿潤単位体積重量 $\gamma_t = 1.5 (tf/m^3)$ 含 水 比 $w = \frac{m_a - m_b}{m_b - m_c} \times 100 (\%)$	量記号を正しく書く
速 度 10 m/sec 10 m/秒 10 m/s	速 度 10 m/s	分 } 時間 } 日 } minute } min, hour } h, day } d min } hr } d } に表現を統一する。

これらの表現は、改訂された土質試験法（第2回改訂版）が参考になると思います。

#### 4. 密度と単位体積重量の違い

Q<sub>14</sub>: 質量と重量の違いはよく分かりましたが、密度と単位体積重量とはどこが違うのですか？ また、密度と単位体積重量の求め方を説明してください。

A<sub>14</sub>: 改訂前の土質試験法では単位体積重量試験と称していたものが新しい土質試験法（第2回改訂版）では密度試験となっ

は質量と考えるべきです。ただし、正確には地球上の重力加速度は一定ではありませんから、厳密な測定が必要な場合には既知の質量の分銅などを使って校正する必要があります。

Q<sub>12</sub>: 質量と重量をはっきり区別することになりますと、従来、質量も重量も量記号としては同じWを用いていましたが、今後はどのように使い分けたらよいのでしょうか？ また、圧力や応力の単位はどのようになるのでしょうか？

A<sub>12</sub>: 質量はmを使い、重量はWあるいはPを使います。したがってたとえば、含水比を求める計算式は表一に示したように表すこととなります。また、W、あるいはPは力を表す量記号としても使い、単位記号は重量と同じに、kgf、tf などとなります。圧力や応力は単位面積あたりの重量（力）ですから当然 kgf/cm<sup>2</sup>、tf/m<sup>2</sup> などの単位になるわけです。

Q<sub>13</sub>: 式とか図では質量と重量の区別が単位記号でできませんが、文章中にてでくるもの、たとえば“……10 t のダンプカーで……”はどうすればよいのでしょうか？

A<sub>13</sub>: 文章中ではっきりしないものはなるべく正確に表現するように心掛けるべきでしょう。

表一の実例に示したようにダンプカーの自重と解釈すると、これは質量と考えられるので“……質量10 t のダンプカー……”あるいは“……自重10 t のダンプカー……”と表現すべきでしょう。また10 t が積載重量を表現していると解釈されれば、これは荷重ですから“……積載重量 10 tf のダンプカー……”とすべきでしょう。

ています。これは土の密度が土の単位体積当りの質量であることを意味します。はかりで測定して求められるものは試料の質量だからです。このようにして求められた密度  $\rho (g/cm^3)$  から単位体積重量  $\gamma$  を求めるには、標準重力加速度を乗ずることが必要で、したがって重力単位系では  $\gamma = g_n \cdot \rho = 1 \text{ gf/g} \times \rho \text{ g/cm}^3 = \rho \text{ (gf/cm}^3)$  となります。

Q<sub>15</sub>: しかし、実際には密度であるか単位体積重量であるかの判断が難しい場合があると思います。具体的に分かりやすく説明してください。

A<sub>15</sub>: 例えば、締固め試験で質量をはかりを使って求めた土の密度が 1.6 t/m<sup>3</sup> だったとしますと、この密度で地球上に盛土されたとき 1.6 tf/m<sup>3</sup> (=15.7 kN/m<sup>3</sup>) の荷重として作用しますが、月面上では密度は 1.6 t/m<sup>3</sup> のままですが、重力加速度が地球の約 1/6 になりますので盛土荷重としては 1/6 × 1.6 tf/m<sup>3</sup> (=2.62 kN/m<sup>3</sup>) になるという認識が必要です。

Q<sub>16</sub>: 密度と単位体積重量を記号で表す場合、表示上の注意を教えてください。

A<sub>16</sub>: 単位記号において、質量か重量かの区別を明確にするのはもちろんですが、量記号の場合にも両者を確実に区別する必要があります。つまり、密度の場合は  $\rho$  で表示し、単位体積重量は  $\gamma$  で表示します。

例えば、密度の表示としては

$\rho_d$  (乾燥密度),  $\rho_t$  (湿潤密度), など

また単位体積重量の表示では

$\gamma_d$  (乾燥単位体積重量),  $\gamma_t$  (湿潤単位体積重量),

