

国際単位系 (S I)

永木 明世*

1. はじめに

最近の我が国の建設業界は貿易障壁問題解決をきっかけにして急浮上してきた品質管理のためのISOに血眼である。世界的な規格の統一を意図した国際標準化機構が1969年に、初めての推薦規格ISO/R1000を発表して以来、既に30年近く経過している。ISO/R1000が最初に実施したことは、単位を国際規格として統一しようということで、ISOに包括される形でSIが世界の人たちの目にふれるようになったと言える。

一方、我が国の建設業界においては、SIはISOから離れて一人歩きをして、さまざまな論議を呼んだことは記憶に新しい。SIはISOに包括されていることを認識するのに、かなりの時間を要したことになる。幸いなことに我が国では日本工業標準規格(JIS)が準備段階を含めて第一段階から第三段階の計四段階を経て、約23年間の歳月をかけて1995年にSI導入を完了している。建設業に関係する人達にとっては1992年に我が国の計量法が改正され、仕方なくSI導入を受け入れなければならないといった消極的姿勢から、WTO(政府調達協定)の1996年1月の発効による建設市場の国際化により、遅ればせながら積極的にSI導入へと意識転換しなければならないことを認識させられたのである。ここでは、SI導入を行なうに当たって参考になると思われる事項を、既に公表されている各関係省庁及び学会等の考え方を整理し、身近に迫っているSI導入の参考資料とすることを目的とした。

2. SIの誕生と単位の歴史

国際的にメートル条約が1875年(明治8年)に締結されて以来、我が国も含めて国際的にメートル法による単位の統一が進められてきたが、しかしながらメートル法の単位でも、数種の系統があり必ずしも一量一単位とはならず、混乱を生じたことを踏まえて、メートル法を基に一量一単位の原則に立った共通の単位系を設けるための国際的協議が今世紀初頭から続けられてきた。

このような経過を経て、1960年(昭和35年)にメートル条約の最高意志決定機関である国際度量衡会議で採択され、国際単位系(SI)が誕生した。

以下、SIに関する単位の歴史について整理してみる。

1875年(明治8年) 国際メートル条約が締結される。

1885年(明治18年) 我が国、メートル条約に加盟。

1960年(昭和35年) SI誕生。

1966年(昭和41年) 我が国、尺貫法からメートル法への切り替え完了。

* 株式会社 東建ジオテック

- 1969年(昭和44年) ISO規格にSIを導入。
- 1972年(昭和47年) 我が国、日本工業標準調査会で、JISにSI導入の基本方針を議決。
- 1989年(平成元年) 我が国、学校教育にSI導入を積極的に図るために、小中学校の教科用検定基準が改定される。
- 1990年(平成2年) 我が国、鉄鋼JISの完全SI化実施。
- 1992年(平成4年) 我が国、計量法改正によりSI導入を決める。
- 1992年(平成4年) セメントのJISを予告方式で改正
- 1993年(平成5年) 土質工学会(現地盤工学会)は「SIへの移行方策の基本方針」を発表
- 1995年(平成7年) 我が国、日本工業標準規格(JIS)はSIに切り替え完了。
- 1999年(平成11年) 我が国、SIへの切り替え完了予定。

以上、SI系を主とした単位の歴史を分かりやすく整理したが、国際的に見ると1969年(昭和44年)に国際標準化機構がISO/R1000を発表して以来、これに包括されてメートル法も国際単位系のSIに統一するのが世界の趨勢となり今日に至っている。SIの導入を世界的に見ると、EC加盟国が1978年(昭和53年)に、EC加盟国以外では、オーストラリアが1980年(昭和55年)、カナダが1981年(昭和56年)、アジアでは中国が1986年(昭和61年)、フィリピンが1977年、マレーシアが1981年と各々の国が非SIの使用禁止年を決めている。我が国は1999年(平成11年)10月1日より非SIの使用を禁止するための計量法改正を1992年(平成4年)に行なっている。

なお、最近(平成9年2月25日付)、建設大臣官房技術調査室長が建設コンサルタント協会会長宛に発令⁴⁾した「国際単位系(SI)について」によると、計量法改正による非SIの使用禁止年月日より半年早まる時期(平成11年4月1日以降)に完了する業務委託における設計図等の表示については、SIによるものとする通達が出されており、農林水産省と運輸省もこれにならうとのことなので、当然のことながら公社公団二次官庁もこれに追随するものと思われる。

3. SIへの移行を前提にした基本的事項の取り決めについて

3.1 基本方針

(社)地盤工学会¹⁾はSIへの移行方策として、基本方針を発表している。基本的には、これに準じることにするが、学会と地質コンサルタントに従事する実務者との技術レベルの差を考慮にいれて、一部手直ししたのが次の提案である。

(1) 計量法で定める移行猶予期限(1999年9月30日)後は計量法に図りSI表示と

する。

(2) 移行猶予期限以前においては、次のようにする。

A法：従来単位で質量と力（重量、重さ、荷重）の区別を徹底する。

B法：従来単位で{SI}を表記。

C法：SIで{従来単位}を表記。

D法：SIのみの表記。

(社)地盤工学会はA法は既に理解されているものとして省略されているが、地質コンサルタント関係の実務者においてはSIの基本である質量と力の区別が確実になされていないケースを散見するので、A法をマスターするのが、SIの基本であるので、A法をできるだけ早く卒業することが緊急課題である。移行猶予期限は後わずかの日数しか残されていないので、早急にB法ないしはC法に移行する努力をすることが急務である。

3.2 標準重力加速度の取扱いについて

標準重力加速度は $g_n = 9.80665 \text{ m/s}^2$ が定められているが、関係省庁及び学会での取扱いを整理して見ると、

土木学会²⁾ 1980年 $g_n = 9.8 \text{ m/s}^2$

通商産業省³⁾ 1994年 $g_n = 9.8 \text{ m/s}^2$

建設省は最近の通達⁴⁾によれば、有効桁数6桁から1桁まで正確な換算係数 9.80665 に始まり、9.807, 9.81, 9.8, 10 と5例の換算係数を紹介している。

(社)地盤工学会では、正式な取り決めはされていないようであるが、同学会が1996年(平成8年)3月に発行した「地盤の調査実習書」⁵⁾によると、具体的な考え方が提示されているので、これを紹介すると、

- a. 概略的な数値や計器の容量などの目安の場合は、換算係数を1桁とし、換算値を1桁に丸める。
- b. 通常の場合は、換算係数を2または3桁とし、換算値2または3桁に丸める。
- c. 厳密な場合や十分な精度がある場合は、換算桁数を4桁以上とし、換算値も4桁以上とする。

地質コンサルタントの分野では、多くの場合には

$$g_n = 9.8 \text{ ないしは } 9.81 \text{ m/s}^2$$

のどちらかが使用されるものと思われるが、通常の場合には、 $g_n = 9.8 \text{ m/s}^2$ で十分であろう。概略的な数値や計器の容量などの目安の場合は、 $g_n \doteq 10 \text{ m/s}^2$ が使用される。

SIの先進国であるEU諸国では、割り切って $g_n \doteq 10 \text{ m/s}^2$ と丸めているケースが多く見られる。最近の資料⁸⁾(土木技術資料、平成10年10月号「道路橋示方書のSI単位系への移行について」)によれば、土に関する諸常数の換算係数は「10」とすると主張しているのが注目される。

3.3 数値の丸め方について

(1) 通商産業省

通商産業省が発行しているS Iに関する宣伝広報誌³⁾によると、保安・安全の面を考慮して数値を丸めても良いケースの一例として紹介しているので、それを原文のまま引用して示すと、

材料強度「引張り強さ40kgf/mm²以上」の規定は、S Iでは「引張り強さ392kPa以上」に変更しますとあるのを、使用目的、産業分野、あるいは保安、安全面の観点から、数値の丸め方により、必要な有効数字をとって「395kPa以上」または「400kPa以上」などのケースも考えられるとしている。

(2) 建設省

通達⁴⁾によれば、換算係数と数値の丸め方の中で、数値を丸めてもよいケースがあることを認めているが、換算後の値の丸め方の違い等により利用者によって異なる値を用いる可能性があり、混乱を招く恐れがあるため、S I移行後の新たな基準値・規格値を定める必要があるとしている。

(3) 地質コンサルタントの分野で丸めても良いと思われるケースの例として

私見として、

例1) 静的コーン貫入試験機(2tf型)を

$2 \times 10^3 \times 9.8 = 19.6 \text{ kN}$ ではなく、丸めて20kNとする。

例2) 水圧

深さ1mの水圧1(tf/m²)は9.8kPaではなく、丸めて

10kPaとする。

例3) 単位体積重量

1.6(tf/m³)を $1.6 \times 9.8 = 15.7 \text{ (kN/m}^3)$ ではなく丸めて
16(kN/m³)とする。

以上、保安・安全面に問題がなく、また、試験・測定の精度を考慮にいれれば、丸めるに当たって、重力加速度9.8と10の差2%の誤差は許容されると思われるケースを示したものである。S I普及の先進国であるEU諸国でも、ドイツやイタリア等を初めとして積極的に数値を丸めているケースが見受けられる。

3.4 使用単位の統一(例として圧力・応力単位)

鉄鋼J I SのS I化に対して運輸省が発令した事務連絡⁶⁾によれば、応力は(N/mm²)とし、圧力は(MPa)としている。

通商産業省が発行している全産業向けのS I普及パンフレット³⁾によれば、圧力、応力共に(Pa)を使用している。

我が国の学識経験者による学会論文は(Pa)を使用している人が多いように見受けられる。

コンクリート標準示方書、トンネル標準示方書（ともに土木学会、1996年）は圧力・応力共にN系表示を使用している。

一般の人にとっては、テレビ（天気予報のヘクトパスカルhPa）を通じて（N/m²）よりも（Pa）の方が馴染みがあるのではないかと推測している。

（社）地盤工学会が発行している文献⁵⁾では、原則として応力はN系、圧力はPa系を用いているが、応力と圧力が混在する式などの場合は、章ごとにいずれかに統一している。

結論的には、土木学会及び道路橋示方書にならって圧力と応力を分けてN系とPaを区別して使い分けるまでもなく、どちらかに統一して使用したらよいと考えている。

参考までに、外国の例では圧力・応力ともにイギリスは（N/m²）、フランスは（Pa）を使用している人が多い。

地盤及び材料別では

土質の場合 (kN/m²) (kPa)

岩盤、コンクリート、鉄鋼の場合 (N/mm²) (MPa)

以上のように（N/m²）派は土質の場合には（kN/m²）を、値の大きい岩盤他の場合には（N/mm²）を使用し、（Pa）派は土質の場合には（kPa）を、岩盤他の場合には（MPa）を区別して使用するようにならねばならない。

3.5 質量と力（重量、重さ、荷重）

重量、重さ、荷重といった力は 力=質量×重力加速度 であって、力を質量の意味に用いる場合には、その用語を分かりやすく「質量」と表現するべきである。日常的に、よく見かけるケースであるが、積載（kg）としていることが多い。これなどは誤解のないように、積載質量（kg）と改めるべきである。

3.6 単位体積重量（ γ ）と密度（ ρ ）

よく間違いを目にするケースであるが、

重力単位では、 単位体積重量（tf/m³）、密度は（t/m³）

絶対単位SIでは、単位体積重量（kN/m³）、密度は（t/m³）

γ と ρ の関係については

$$\gamma = \rho \times g_n \text{ (ただし、} g_n \text{は標準重力加速度)}$$

以上のように単位体積重量と密度の概念を正確に区別しなければならない。

3.7 SI表記にあたってのルール

SI移行前の注意事項として、正しい記号を使用する習慣をつけることが肝心である。よく目にするケースとしては、

イ.時間の秒は（s）、分は（min）、時は（h）、日は（d）と正しい記号を使うこと。

- ロ. 質量の記号トンは (ton) ではなく、正しく (t) とすること。
- ハ. 標準貫入試験の値 (N) とニュートン (N) は区別するように。
- ニ. 質量などの量記号はイタリック書体の (*m*) とし、長さのメートル及び接頭語のミリはローマン書体の (m) として区別すること。
- ホ. 図面の長さの単位は、SIでは (cm) はあまり使用しない慣習なので、(mm) を使用すること。 μ は必ず μm と記載すること。
- ヘ. 速度の単位は秒速 (m/s) と時速 (km/h) が使われるが、我々が良く使用する透水係数を (m/s) とすると混乱するので、現行では (cm/s) でよい。EU諸国でも例外的に (cm/s) が使用されている。
- ト. 密度の単位はSIでは (Mg/m^3) となるが、トン (t) の使用も認められているので、現行では (t/m^3) ないしは (g/cm^3) でよい。
- チ. 小文字と大文字では別の意味を持つ。例としては、(m) は長さの単位メートルおよび接頭語のミリであり、(M) とすると接頭語のメガで 10^6 となる。質量の単位 (kg) を (KG) とすると、(K) は温度の単位ケルビン、(G) は接頭語のギガで 10^9 となる。
- リ. 接頭語と単位は間をあけないで続ける。
mm は可、m m と離すのは不可。
- ヌ. 単位の前の接頭語は二つ以上を使用してはならない。
 10^3 (kg) を (kkg) とはしないで (Mg) とする。
- ル. 接頭語付きの単位のべき乗は、接頭語の単位を合わせた全体にかかる。
 mm^2 は (mm)² の意味として扱う。

4. おわりに

使い慣れた従来単位である重力単位に決別して、絶対単位であるSIを使用する日は刻一刻と迫っている。建設省通達⁴⁾でも指摘されているように、基準値・規格値を定めないと混乱を招く恐れがあるとの見解には私も同感である。例えば本文にふれた標準重力加速度の換算値等はその一つとして挙げられるが、この他にも基準値・規格値を決めなければならないケースは多い。最近の情報によれば、建設省、農林水産省、運輸省がSIの円滑な移行を目指して、共同歩調をとることについて合意したとのことであるが、大歓迎である。この機関が強力なリーダーシップを発揮して、必要最小限の取り決めを行って、混乱が生じないように交通整理を行なって戴くことを希望したい。

参考文献

- 1) 柳沢栄司：SI (国際単位系) への移行方策実施のお知らせ，土と基礎，1993, 10
- 2) 植下 協：SI単位に強くなろう，土木学会誌，1980, 2
- 3) 通商産業省：新計量法とSI化，1992

- 4) 建設大臣官房技術調査室長：国際単位系（S I）への移行について，建設省技開発第29号の3通達，1997,2
- 5) (社)地盤工学会：地盤の調査実習書，1996,3
- 6) 運輸省港湾局技術課技術指導官：鉄鋼J I Sの国際単位系（S I）への移行に伴う対応について，事務連絡，1990,12
- 7) 農林水産省、運輸省、建設省：建設事業における国際単位系（S I）移行のガイド，1997,3
- 8) 西谷雅弘：道路橋示方書のS I単位系への移行について，土木技術資料、1998,10