



## ミニ講座

## 土質工学における SI

風間 秀彦 (かざま ひでひこ)

埼玉大学工学部建設工学科

## 1. 講座を始めるに当たって

最近、「計量法」、「重力単位」、「SI (エスアイ)」、「ニュートン(N)」、「ヘクトパスカル(hPa)」などの言葉や単位に遭遇する機会が増えている。これは、計量単位を国際的に共通な SI (国際単位系) に統一することなどを目的に、計量法が改正 (1992年5月20日公布, 1993年11月1日施行) されたからである。改正された計量法によれば、一部の例外を除き、非 SI 単位を段階的に法定単位から削除し、現在使用している単位の一部を SI に切替えることになる。この単位の切替えは、産業界、経済界、学界など広い範囲に影響を及ぼし、土質工学の分野も大きな転換が避けられない状況にある。

そこで、本ミニ講座は計量法、SI、単位の換算や表記方法、土質工学会の取組みなどについて紹介し、会員の方々のお役に立つように企画したものである。講座は、表-1.1 に示した構成で掲載する予定である。ただし、計量法や SI などの紹介は、主な内容について平易に記述することに心がけたため、場合によっては厳密性に欠ける点もあることを断っておく。詳しくは、本講座の最終回に掲載する参考図書や資料を参照願いたい。

## 2. 計量法と土質工学会の取組み

## 2.1 計量法

計量法は、国内の計量単位を規制する法律である。この法律の目的は計量の基準を定め、適正な計量の実施を確保することであり、具体的には「取引」と「証明」の安全を確保することである。計量の基準として単位が定められ、これを法定計量単位という。

計量法は、1951年 (昭和26年) に初めて制定され、その後1966年の改正があり、1992年全面的に改正さ

表-1.1 ミニ講座「土質工学における SI」掲載予定表

回数	章 表 題	執筆者	掲載予定号
1	1. 講座を始めるに当たって	風間秀彦	平成6年3月号
	2. 計量法と土質工学会の取組み	風間秀彦	平成6年3月号
2	3. SIのあらまし	風間秀彦	平成6年4月号
3	4. SIの表し方	社本康広	平成6年5月号
4	5. SIへの切替えの要点	向後雄二	平成6年6月号
5	6. 土質工学でよく用いる SI	香川和夫	平成6年7月号
6	7. 数値の換算の仕方	鳥光照雄	平成6年8月号
7	8. SIの実際	社本康広	平成6年9月号
	9. 講座を終わるに当たって	巻内勝彦	平成6年9月号

れた。今回の主要な改正点は三つあり、その中で最大のものは、法定計量単位を原則として SI に統一することにある。この主な内容はつぎのとおりである。

- ① 計量単位は、事物を量的に表すために「物象の状態の量」として表-2.1 に示す72の量を規定し、これに原則として一つの量に対して一つの単位とする一貫性のある SI を全面的に採用した。
- ② 非 SI 単位であっても、国内・外で広く使用されているものは、例外的に計量単位として使用できるようにした。これには表-2.2 および表-2.3 に示した二つのものがある。後者は表の { } 内に示した特定な分野に限って使用が認められる単位である。
- ③ 旧法で認められていた表-2.4の28の非 SI 単位はその使用頻度に応じて3年、5年、7年の使用猶予期限を設け、その期間内に SI に移行する。
- ④ 法定計量単位以外の単位を取引・証明に使ってはならないことを規定している。ただし、つぎのような場合は規制の対象外である。
  - a. スポーツ、ゲームなどの取引・証明に関係のない日常生活の使用
  - b. 学術論文などのその分野における単位の使用
  - c. 学校教育において、教育段階に応じて適当と

表-2.1 SIにかかわる計量単位

物象の状態の量		計量単位(記号)の例		物象の状態の量		計量単位(記号)の例	
基 本	長さ	メートル(m)		電 気 ・ 磁	電 気 量	クーロン(C)	
	質量	キログラム(kg), グラム(g), トン(t)			電 界 の 強 さ	ボルト毎メートル(V/m)	
空 間 ・ 時 間	時間	秒(s), 分(min), 時(h)		電 気 ・ 磁	電 圧	ボルト(V)	
	電流	アンペア(A)			起 電 力	ボルト(V)	
本 質	温度	ケルビン(K), セルシウス度(°C), 度(°C)		電 気 ・ 磁	静 電 容 量	ファラド(F)	
	物質	モル(mol)			磁 界 の 強 さ	アンペア毎メートル(A/m)	
空 間 ・ 時 間	光度	カンデラ(cd)		電 気 ・ 磁	起 磁 力	アンペア(A)	
	角度	ラジアン(rad), 度(°), 分('), 秒('')			磁 束 密 度	テスラ(T), ウェーバ毎平方メートル(Wb/m²)	
空 間 ・ 時 間	立体角	ステラジアン(sr)		電 気 ・ 磁	磁 束	ウェーバ(Wb)	
	面積	平方メートル(m²)			インダクタンス	ヘンリー(H)	
時 間	体積	立方メートル(m³), リットル(l, ℓ)		電 気 ・ 磁	電 気 抵 抗	オーム(Ω)	
	角速度	ラジアン毎秒(rad/s)			電 気 の コンダクタンス	ジーメンズ(S)	
時 間	角加速度	ラジアン毎秒毎秒(rad/s²)		電 気 ・ 磁	インピーダンス	オーム(Ω)	
	速度	メートル毎秒(m/s), メートル毎時(m/h)			電 力	ワット(W)	
時 間	加速度	メートル毎秒毎秒(m/s²)		電 気 ・ 磁	無 効 電 力*	—	
	周波数	ヘルツ(Hz)			皮 相 電 力*	—	
時 間	回転速度	毎秒(s⁻¹), 毎分(min⁻¹), 毎時(h⁻¹)		電 気 ・ 磁	電 力 量	ジュール(J), ワット秒(W・s), ワット時(W・h)	
	波数	毎メートル(m⁻¹)			無 効 電 力 量*	—	
力	密度	キログラム毎立方メートル(kg/m³), グラム毎立方メートル(g/m³), グラム毎リットル(g/l)		電 気 ・ 磁	皮 相 電 力 量*	—	
	力	ニュートン(N)			電 磁 波 の 減 衰 量*	—	
力	力のモーメント	ニュートンメートル(N・m)		電 気 ・ 磁	電 磁 波 の 電 力 密 度	ワット毎平方メートル(W/m²)	
	圧力	パスカル(Pa), ニュートン毎平方メートル(N/m²), バール(b, bar)			電 気 ・ 磁	放 射 強 度	ワット毎ステラジアン(W/sr)
学	応力	パスカル(Pa), ニュートン毎平方メートル(N/m²)		電 気 ・ 磁		光 束	ルーメン(lm)
	粘度	パスカル秒(Pa・s), ニュートン秒毎平方メートル(N・s/m²)			電 気 ・ 磁	輝 照 度	カンデラ毎平方メートル(cd/m²)
学	動粘度	平方メートル毎秒(m²/s)		電 気 ・ 磁		照 度	ルクス(lx)
	仕事率	ジュール(J), ワット秒(W・s), ワット時(W・h)			電 気 ・ 磁	中 性 子 放 出 率	毎秒(s⁻¹), 毎分(min⁻¹)
学	工率	ワット(W)		電 気 ・ 磁		放 射 能	ベクレル(Bq), キュリー(Ci)
	質量流量	キログラム毎秒(kg/s), グラム毎秒(g/s), トン毎秒(t/s)			電 気 ・ 磁	吸 収 線 量	グレイ(Gy), ラド(rad)
学	流量	立方メートル毎秒(m³/s), リットル毎秒(l/s)		電 気 ・ 磁		吸 収 線 量 率	グレイ毎秒(Gy/s), ラド毎秒(rad/s)
	振動加速度レベル*	—			電 気 ・ 磁	カ ー マ	グレイ(Gy)
熱	熱量	ジュール(J), ワット秒(W・s), ワット時(W・h)		電 気 ・ 磁		カ ー マ 率	グレイ毎秒(Gy/s), グレイ毎分(Gy/min), グレイ毎時(Gy/h)
	熱伝導率	ワット毎メートル毎ケルビン [W/(m・K)], ワット毎メートル毎度 [W/(m・°C)]			電 気 ・ 磁	照 射 線 量	クーロン毎キログラム (C/kg), レントゲン(R)
熱	比熱容量	ジュール毎キログラム毎ケルビン [J/(kg・K)], ジュール毎キログラム毎度 [J/(kg・°C)]		電 気 ・ 磁		照 射 線 量 率	クーロン毎キログラム毎秒(C/kg・s), レントゲン毎秒(R/s)
	エントロピー	ジュール毎ケルビン(J/K)			電 気 ・ 磁	線 量 当 量	シーベルト(Sv), レム(rem)
熱	熱伝導率	ワット毎メートル毎ケルビン [W/(m・K)], ワット毎メートル毎度 [W/(m・°C)]		電 気 ・ 磁		線 量 当 量 率	シーベルト毎秒(Sv/s), レム毎秒(rem/s)
	比熱容量	ジュール毎キログラム毎ケルビン [J/(kg・K)], ジュール毎キログラム毎度 [J/(kg・°C)]			電 気 ・ 磁	音 響 パ ワ ー	ワット(W)
熱	エントロピー	ジュール毎ケルビン(J/K)		電 気 ・ 磁		音 圧 レ ベ ル*	—
	その他	—			電 気 ・ 磁	濃 度	モル毎立方メートル (mol/m³), キログラム毎立方メートル (kg/m³)

\*印の量については、表-2.2を参照。

判断され、定められた単位の使用

③の一定の猶予期間後に使用できなくなる従来単位の内、土質工学に極めて影響の大きいものは、頻繁に使用している重力単位の gf(グラム重), kgf(キ

ログラム重), tf(トン重)などこれらを用いた応力, 圧力, 単位体積重量などの単位であり, これらの単位は1999年10月1日以降の取引・証明に使用できなくなる。したがって, これらの重力単位はSIの

表—2.2 使用が認められている非SI単位(1)注)

物象の状態の量	計 量 単 位 (記号)
無効電力	ヴァール(var)
皮相電力	ボルトアンペア(VA)
無効電力量	ヴァール秒(var·s), ヴァール時(var·h)
皮相電力量	ボルトアンペア秒(VA·s), ボルトアンペア時(VA·h)
電磁波の減衰量	デシベル(dB)
音圧レベル	デシベル(dB)
振動加速度レベル	デシベル(dB)

注) SIの中に規定された単位がないもの。

N(ニュートン), Pa(パスカル) およびこれらの組立単位に切替えなければならない。これらの単位が変わることによって, 当然数値も変わることになる。

## 2.2 土質工学会の取組み

土質工学会は, 他の工学系の学会に先がけて1977年9月に「SI(国際単位系)の導入方策案」(「土と基礎」1978年1月号に掲載)を定め, 質量と重量の概念を明確に区別し, これに伴って量記号と単位記号を区別して用いるなど, SI導入の準備を進め, 実施してきた。そして, 今日ではこの方策がほぼ定着してきている。

当学会は, 計量法の改正, 日本工業規格(JIS)が平成7年4月1日からSIのみになること, 国内外の情勢などを考慮して, 1993年6月に「SI(国際単位系)への移行方策」(「土と基礎」1993年10月号に掲載)を決定した。その基本方針はつぎのとおりである。

学会の出版物は, 原則として計量法の取引・証明

### 「SI(国際単位系)への移行方策」の基本方針

- ① 計量法で定める移行猶予期限(1999年9月30日)後に発行される学会出版物の単位は, 計量法に則り, 原則としてSI表示とする。
- ② 移行猶予期限以前においては, 出版物の個々の性格等を考慮して, 次に示す3種類の表記法のうち, いずれかを採用するものとして, それらのうちのどれを採用するか, およびその導入時期は, 学会の各出版物の担当部会が定める。  
A法: 従来単位 {SI} の表記  
B法: SI {従来単位} の表記  
C法: SIのみの表記
- ③ (執筆要項等の作成事項のため, 省略)

表—2.3 使用が認められている非SI単位(2)注)

物象の状態の量	計 量 単 位 (記号)
長 さ	海里*(M, nm, ') {海面に係る長さ}, オングストローム*(Å){光学, 結晶学}
質 量	カラット*(ct, car){宝石の質量}, もんめ*(mom){真珠の質量}
角 度	点*(pt){航海, 航空}
面 積	アール*(a){土地面積}
体 積	トン*(T){船舶の体積}
速 さ	ノット*(kn, kt){航海, 航空}
加 速 度	ガル*(Gal){測地学, 地球物理学}
回 転 速 度	回毎分(r/min, rpm), 回毎秒(r/s, rps)
圧 力	気圧(atm), トル*(Torr){医療関係}, 水銀柱メートル*(mmHg){血圧測定}
粘 度	ポアズ(P)
粘 着 係 数	ストークス(St)
熱 量	カロリー*(cal){栄養関係}
濃 度	質量百分率(質量%, wt%, mass%), 体積百分率(体積%, vol%), ピーエッチ(pH)

注) SIの中に別の単位が規定されているもの。

\*印の量の計量単位は, 表の { } に示す分野に限定して使用が認められている。

の対象にはならないが, 産業界との結びつきの強い当学会の出版物は, 社会の動きに対応していく必要がある。そのため, 計量法の移行猶予期限以降は, 原則としてSIのみを用いることになる。しかし, 出版物には多種多様なものがあること, 読者や執筆者の便などを考慮して, 出版物に応じて3種類の表記法の中から選択できるようになっている。

A法は, 従来単位による数値, 単位, 式がSIのものとは異なる場合, SIによる数値, 単位, 式を波括弧 { } 内に併記する表記法である。B法はA法の従来単位とSIが逆になる方法である。「質量10kgの重りは, 荷重10kgfである。」を例にして, 3種類の表記法で表すとつぎのようになる。

A法: 質量10kgの重りは, 荷重10kgf{98N}である。

B法: 質量10kgの重りは, 荷重98N{10kgf}である。

C法: 質量10kgの重りは, 荷重98Nである。

A法とB法は, いずれかの単位や数値などを併記するために, 図表などは複雑になることが多い。また, 実験式や経験式で左辺と右辺の単位が一致しない場合は, 式の係数が変わるので注意しなければならない。

以上のように, 各出版物ごとに単位の表記法と導入時期を検討して決めていくことになるが, 現在の

表—2.4 削除の対象となる従来単位

物象の状態の量	従来単位(記号)の例	使用猶予期	SI(記号)の例	換算関係注)
力 仕事 熱	ダイン(dyn) エルグ(erg) 重量キログラムメートル(kgw・m, kgf・m, kg・m), エルグ(erg)	1995年 9月30日	ニュートン(N) ジュール(J) ジュール(J)	1 dyn=10 μN 1 erg=100 nJ 1 kgf・m≒9.8 J 1 erg=100 nJ
中性子放出率 放射能	中性子毎秒(n/s) 壊変毎秒(dps), 壊変毎分(dpm)		毎秒(s <sup>-1</sup> ) ベクレル(Bq)	1 n/s=1 s <sup>-1</sup> 1 dps=1 Bq
長さ 周波数 圧力 磁界の強さ 起磁力 磁束密度 磁束 音圧レベル 濃度	ミクロン(μ) サイクル(c), サイクル毎秒(c/s) トル(Torr) アンペア回数毎メートル(AT/m), エルステッド(Oe) アンペア回数(AT) ガンマ(γ), ガウス(G) マクスウェル(Mx) ホン 規定(Nor, N)	1997年 9月30日	メートル(m) ヘルツ(Hz) パスカル(Pa) アンペア毎メートル(A/m) アンペア(A) テスラ(T) ウェーバ(Wb) デシベル(dB) モル毎立方メートル(mol/m <sup>3</sup> )	1 μ=1 μm 1 c/s=1 Hz 1 Torr≒133 Pa 1 AT/m=1 A/m 1 Oe≒79 A/m 1 AT=1 A 1 G=100 μT 1 Mx=10 nWb 1 ホン=1 dB —
力のモーメント 圧力 応力 仕事率 熱量 熱伝導率 比熱容量	重量キログラム(kgw, kgf) 重量キログラムメートル(kgw・m, kgf・m, kg・m) 重量キログラム毎平方メートル(kgw /m <sup>2</sup> , kgf/m <sup>2</sup> , kg/m <sup>2</sup> ), 水銀柱メ ートル(mHg), 水柱メートル (mH <sub>2</sub> O, mAq) 重量キログラム毎平方メートル(kgw /m <sup>2</sup> , kgf/m <sup>2</sup> , kg/m <sup>2</sup> ) 重量キログラムメートル(kgw・m, kgf・m, kg・m) 重量キログラムメートル毎秒 (kgw・m/s, kgf・m/s, kg・m/s) カロリー(cal) カロリー毎秒毎メートル毎度[cal/(s・ m・℃), cal/(s・m・deg)] カロリー毎キログラム毎度[cal/(kg・ ℃), cal/(kg・deg)]	1999年 9月30日	ニュートン(N) ニュートンメートル(N・m) パスカル(Pa) パスカル(Pa) ジュール(J) ワット(W) ジュール(J) ワット毎メートル毎度 [W/(m・℃)] ジュール毎キログラム毎度 [J/(kg・℃)]	1 kgf≒9.8 N 1 kgf・m≒9.8 N・m 1 kgf/m <sup>2</sup> ≒9.8 Pa 1 mHg≒133 kPa 1 mH <sub>2</sub> O=1 mAq≒9.8 kPa 1 kgf/m <sup>2</sup> ≒9.8 Pa=9.8 N/m <sup>2</sup> 1 kgf≒9.8 J 1 kgf・m/s≒9.8 W 1 cal≒4.2 J 1 cal/(s・m・℃)≒4.2 W/(m・ ℃) 1 cal/(kg・℃)≒4.2 J/(kg・℃)

注) 換算係数は次のとおりである。

9.8→9.80665    4.2→18605    79→79.5774    133→133.322

ところ決まっているものは少ない。

学会誌「土と基礎」はこの4月号から従来単位の  
み, A法, B法, C法のいずれで執筆してもよいこ  
とになっている(1993年12月号目次5ページ参照)。  
また, 「土質工学会論文報告集」は, C法のみとな  
っている。JISが1995年4月からSIになることに伴  
い, 土質調査・試験などの学会基準はJISとの整合  
性を図るためにB法の採用が予想される。これに伴  
って規格・基準に関する学会出版物も同様になると

思われる。

以上のような状況から, これから出版される学会  
出版物の単位は, 従来単位のみ, A法, B法および  
C法の4種類の表記が, 当分の間用いられることにな  
る。

なお, 本文に使用した表—2.1~2.4は, 社団法人  
日本計量協会発行の「新計量法とSI化」を参考に  
して作成したことを付記する。

(原稿受理 1993.12.14)