

RC One point アドバイス 1

コンクリート系実験式の単位変換に要注意!!

従来単位系（重力単位系）から国際S I 単位系への移行がほぼ完了しているが、このとき、コンクリート材料や部材耐力などの各種実験式の係数が変更されていることに気がつく。例えば、棒部材のせん断耐力の算定に用いるせん断強度 f_{vcd} の場合、次のように変換されている（土木学会コンクリート標準示方書[1]）。

$$\text{従来単位： } f_{vcd} = 0.9 \sqrt[3]{f'_{ck} / \gamma_c} : (\text{kgf} / \text{cm}^2) \quad (1a)$$

$$\text{国際S I 単位： } f_{vcd} = 0.20 \sqrt[3]{f'_{ck} / \gamma_c} : (\text{N} / \text{mm}^2) \quad (1b)$$

この場合、係数が、 $0.9 \Rightarrow 0.20$ のように変更されているが、どうして係数が変更されるのか、きちんと考えてみたい。

そこで、早速、この変換を実行してみよう。新旧単位の強度の換算関係、

$$1\text{N} / \text{mm}^2 = (100 / 9.8)\text{kgf} / \text{cm}^2、\text{または } 1\text{kgf} / \text{cm}^2 = (9.8 / 100)\text{N} / \text{mm}^2 \quad (2)$$

を用いて、上式のうち従来単位の式(1a)（係数が 0.9 の場合）に代入すると、次式が得られる。

$$f_{vcd}(\text{N} / \text{mm}^2) \cdot \frac{100}{9.8} = 0.9 \sqrt[3]{f'_{ck}(\text{N} / \text{mm}^2) \cdot \left(\frac{100}{9.8}\right) / \gamma_c} \quad (3a)$$

これを整理すると、次のような結果となり、なるほど、係数が 0.20 となることがわかる。

$$\begin{aligned} f_{vcd}(\text{N} / \text{mm}^2) &= (0.9 \cdot 0.098 / \sqrt[3]{0.098}) \sqrt[3]{f'_{ck}(\text{N} / \text{mm}^2) / \gamma_c} \\ &= 0.191 \sqrt[3]{f'_{ck}(\text{N} / \text{mm}^2) / \gamma_c} \cong 0.20 \sqrt[3]{f'_{ck}(\text{N} / \text{mm}^2) / \gamma_c} \end{aligned} \quad (3b)$$

ついでに、コンクリート引張強度 f_{tk} の場合（コンクリート標準示方書[1]）も試してみよう。これは、

$$\text{従来単位： } f_{tk} = 0.5(f_{ck})^{2/3} (\text{kgf} / \text{cm}^2) \Rightarrow \text{SI 単位： } f_{tk} = 0.23(f_{ck})^{2/3} (\text{N} / \text{mm}^2) \quad (4)$$

のように学習したが、係数の変換作業を再度試してみる。まず、強度 f_{tk} 、 f_{ck} とともにS I 単位(N / mm^2)として、これらを上式のうち従来単位の式に適用するため、式(4a)を用いて単位変換を施しながら、

$$f_{tk}(\text{N} / \text{mm}^2) \cdot \frac{100}{9.8} = 0.5 \left\{ f_{ck}(\text{N} / \text{mm}^2) \cdot \frac{100}{9.8} \right\}^{2/3} \quad (5a)$$

を得る。これを書き直すと、次式のように展開される。

$$f_{tk}(N/mm^2) = 0.5 \cdot 0.098 / (0.098^{2/3}) \{f'_{ck}(N/mm^2)\}^{2/3} = 0.2305 \{f'_{ck}(N/mm^2)\}^{2/3} \quad (5b)$$

従って、コンクリート標準示方書記載の引張強度式(4b)を得る。

何故、このような処理が必要になるのか。上述の各実験式を見ればわかるように、両辺の単位が合致していないことに起因している(式(4)の場合、 N/mm^2 について、左辺は1乗、右辺は2/3乗)。実際、単位が合っている場合(これが普通なのですが)、単位系に関係なく同じ式となる。

また、ヤード/ポンド単位系(米国にて、現在なお用いられている。例えば、文献[2])からの変換を行う必要があるとき、同様の措置が必要である。例えば、曲げ部材に際して必要となる最小鉄筋比(引張鉄筋)の算定では、次のように使い分ける(文献[2]から引用)。

$$\rho_{\min} = 0.25 \sqrt{f'_c} / f_y \quad (N/mm^2 \text{ または } MPa), \quad \rho_{\min} = 3 \sqrt{f'_c} / f_y \quad (psi) \quad (6)$$

このほかの例として、塑性ヒンジの長さに関する実験式では、同様に2本立てとなる。

$$l_p = 0.08l + 0.022d_b f_y \quad (N/mm^2 \text{ または } MPa), \quad l_p = 0.08l + 0.15d_b f_y \quad (ksi) \quad (7)$$

ここで、 $psi = lb/inch^2 = 0.006895 N/mm^2$ 、および $ksi = klb/inch^2 = 6.895 N/mm^2$ を表すが、各式に関する係数の確認は省略する。なお、式(6)では‘曲げ耐力(第2講 第2章)’、式(7)は‘塑性変形と靱性評価(第3講 第2章)’、に関連するので、本文中の各該当箇所を参照されたい。

また、文献[3]巻末の付録Iに、コンクリート標準示方書[1]に関する新旧単位系の対応表があるので一覧することができるが、係数の変更を上記の方法にて確認されたい

参考文献

- [1] 土木学会コンクリート委員会 コンクリート標準示方書改定委員会：【2002年制定】コンクリート標準示方書[構造性能照査編]
- [2] Paulay, T. and Priestley, M.J.N. : Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings, John Wiley & Sons, Inc., 1992
- [3] 吉川弘道：第2版 鉄筋コンクリートの解析と設計—限界状態設計法と性能設計法—, 丸善(株), 平成16年