

コンクリートの c/w と圧縮強度との関係ならびに σ_7 と σ_{28} との関係についての一提案

正員 北海道開発局土木試験所 林 正道

1. ま え が き

コンクリートの c/w と σ_{28} との関係ならびに σ_7 と σ_{28} との関係については、内外に各種の提案式があるが、本文は道産骨材を使用した普通ポルトランドセメントコンクリートの当所における資料からこれを再検討し、新たに簡単な関係式を提案したものである。

2. c/w と σ_{28} との関係

コンクリートの圧縮強度はコンクリートの構成材料であるセメント、混和材料、水、骨材などの品質、配合、施工法などにより異なることは云うまでもないが、このうち、コンクリートの圧縮強度に最も大きな影響を与えるものは水セメント比であろう。

コンクリートの w/c は、与えられた材料についてあらかじめ実験的に $c/w-\sigma$ 線を作り、これより所要の強度をうるに必要な c/w の逆数として定めるのであるが、小工事などにおいては時間的に $c/w-\sigma$ 線を作る余裕のない場合が多い。このような場合には $c/w-\sigma$ 線を仮定して w/c を定めなければならない。

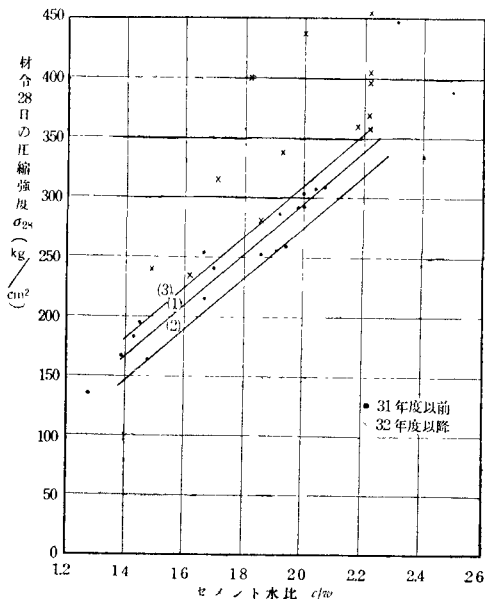


図-1 c/w と σ_{28} との関係

c/w と圧縮強度との関係については従来から多くの研究が行われ多数の提案がなされている。

昭和 31 年制定の土木学会コンクリート標準示方書ではやむをえず試験をしない場合、普通ポルトランドセメントに対し

$$\sigma_{28} = -210 + 215 c/w$$

を示している。この式は現在の新鮮な普通ポルトランドセメントに対してはかなり安全な式であり、換言すれば不経済な場合が多い。

当所における近年の実験室試験（依頼された工事現場の配合設計を含む。したがって、骨材は洗滌されたものもあり、洗滌されないものもある。）から普通ポルトランドセメント使用コンクリートの c/w と σ_{28} との関係を図示すれば 図-1 のようになる。

図-1 では点がかかなり散在しているが、極く最近の資料を除く 17 点 ($c/w < 2.2$) について c/w と σ_{28} との関係を求めれば (1) 式のようなになる。

$$\sigma_{28} = -135 + 215 c/w \quad (1)$$

また、図-1 から $c/w < 2.2$ について $c/w-\sigma_{28}$ 線の下限を求めれば (2) 式のようなになる。

$$\sigma_{28} = -155 + 215 c/w \quad (2)$$

(1) 式の算出に当り除かれた極く最近の資料によれば、 $c/w-\sigma_{28}$ 線は (1) 式よりかなり上方に移動したものとなってくるが、これは主としてセメント強度の増大に起因しているものと思われる。図-1 において極く最近の資料による $c/w-\sigma_{28}$ 線の下限を求めれば (3) 式のようなになる。

$$\sigma_{28} = -120 + 215 c/w \quad (3)$$

したがって、市販の良質セメントを用いる場合は (3) 式、セメント、骨材などに多少難点のある場合は (1) 式、あるいは、(2) 式をそれぞれ用いるのが適当である。

日本セメント技術協会のコンクリート委員報告（昭和 31 年 5 月）によれば、市販の普通ポルトランドセメントを使用した粗骨材最大寸法 40 mm、 $w/c = 0.4 \sim 0.7$ 、スランプ 7~10 cm のいわゆる土木用コンクリートに対し次式を与えている。

$$\sigma_{28} = -113 + 214 c/w$$

この式は (1) 式の資料のほぼ上限と一致している。

$c/w > 2.0$ ($w/c < 0.5$), $\sigma_{28} > 300 \text{ kg/cm}^2$ の高強度コンクリートにおいては c/w と σ との直線関係が次第に失われる傾向にあり, c/w の逆数 w/c と σ とが直線関係にあることが筆者らの研究¹⁾により明かであつて次式の範囲内にある。

$$\text{上限 } \sigma_{28} = 800 - 900 w/c \quad (4)$$

$$\text{下限 } \sigma_{28} = 750 - 1000 w/c \quad (5)$$

この場合, セメント強度が大であれば上限の (4) 式に近く, 小であれば下限の (5) 式に近いものとなる。

(4), (5) 式で示される範囲はかなり広範であるが, これはセメント強度のかなり低いもの, あるいは, 一部早強ポルトランドセメントを含んだ実験結果の総括であるためと思われる。したがつて, 今日の普通ポルトランドセメントに対してのみ適用する場合には, (4), (5) 式で示される範囲よりも狭い範囲のものとなるはずであるが, 資料不足のため今回は $c/w > 2.2$ についての検討は省略する。

なお, 上記提案式と土木学会式, 日本セメント技術協会式, **Concret Manual**, **ACI** 標準に示されている c/w と圧縮強度との関係を一括図示すれば 図-2 のとおりである。

以上は所要強度をうるに必要な w/c を推定するためのものであつて, w/c が推定されたならば所要コンシステンシーをうるに必要な単位水量を別に仮定するか, または実験的に求め, これらから所要の単位セメント量を決定することになる。

小工事などで単位セメント量が与えられている場合には, 単位水量を仮定することによつて w/c が推定され, したがつて, 提案式に基づいて σ_{28} を推定することができる。設計強度に比して過大な単位セメント量が与えら

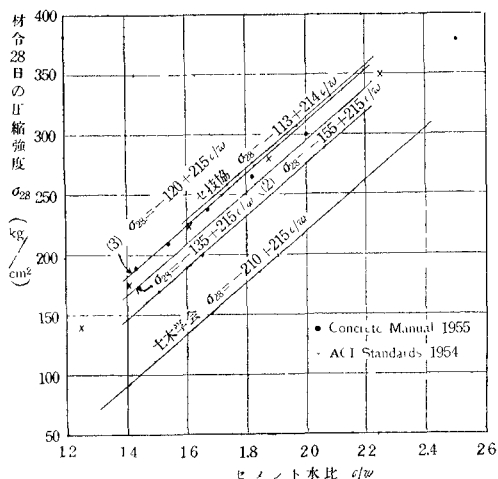


図-2 各種提案式の c/w と σ_{28} との関係

れている場合には, 今推定された w/c から σ_{28} を推定すると設計強度に比し極めて大きな σ_{28} をうることになる。この場合, σ_{28} に余裕があるということで単位水量を増加し, 必要以上にコンシステンシーを大きくすることは耐久性の減退その他の悪影響を招くことになるので厳に慎まなければならない。所要のコンシステンシーの下で, 強度, 耐久性その他必要な性質を満足してなお単位セメント量に余裕のある場合には, この単位セメント量を減少させることが適当である。

3. σ_7 と σ_{28} との関係

材齢 7 日の強度から材齢 28 日の強度を推定しなければならないことがよくあるが, 7 日強度と 28 日強度との関係については

Slater 氏によると

$$\sigma_{28} = \sigma_7 + 8\sqrt{\sigma_7} \quad (6)$$

日本セメント技術協会コンクリート委員報告 (昭和 30 年 5 月) によると市販セメントに対し

$$\sigma_{28} = 0.9\sigma_7 + 10\sqrt{\sigma_7} \quad (7)$$

Oregon State Highway Commission によると 300 kg/cm^2 以下のコンクリートに対し

$$\sigma_{28} = 1.51\sigma_7 + 3.43 \quad (8)$$

(6), (7) 式によれば σ_{28}/σ_7 の値は σ_7 の大きさによつて $1.4 \sim 2.2$ に変化するが (8) 式によれば $1.5 \sim 1.6$ の小範囲に入つてほとんど変化しない。 w/c の大きなコンクリー

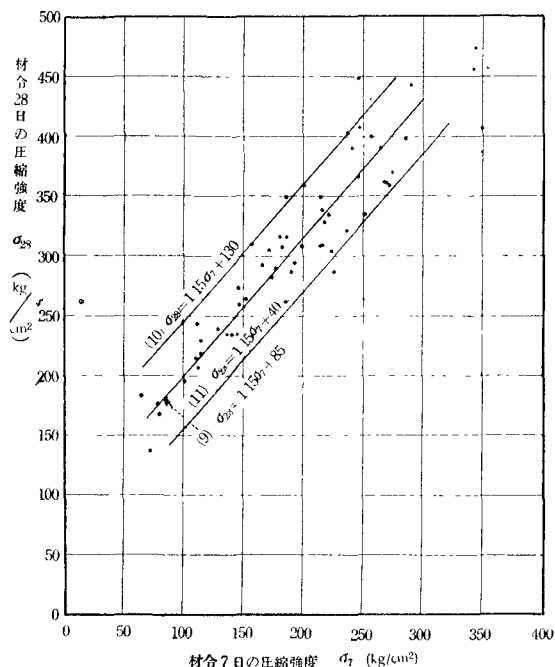


図-3 σ_7 と σ_{28} との関係

トにおいては σ_7 は比較的小さいが σ_{28} はかなり増進するから、(8)式によるよりは(6)、(7)式による方がより実際のと思われる。

当所における従来の実験結果($\sigma_7=100\sim300\text{ kg/cm}^2$ が大部分)を図示すれば図-3のとおりであり、簡単な(9)式で表わすことができる。また、その上限と下限とを求めれば(10)、(11)式のようなになる。

$$\begin{aligned}\sigma_{28} &= 1.15\sigma_7 + 85 & (9) \\ \text{上限 } \sigma_{28} &= 1.15\sigma_7 + 130 & (10) \\ \text{下限 } \sigma_{28} &= 1.15\sigma_7 + 40 & (11)\end{aligned}$$

ただし、 $\sigma_7 < 100$ および $\sigma_7 > 300$ については適用しないものとする。

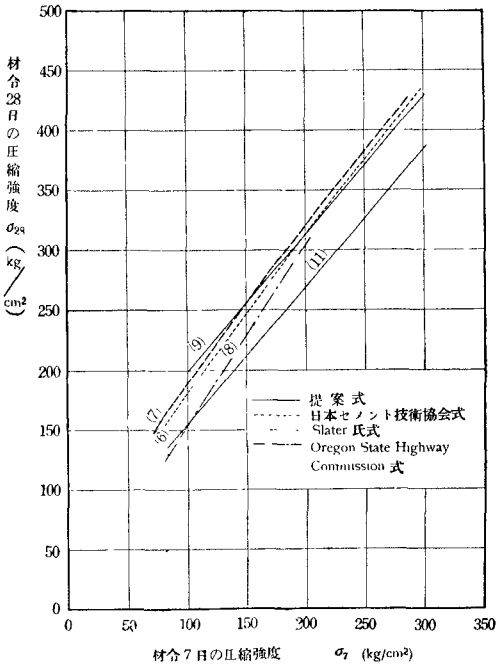


図-4 各種提案の σ_7 と σ_{28} との関係

したがって、 σ_7 から σ_{28} を推定するには(6)、(7)式によるよりもより簡単な(9)式によるのが適当であり、安全側の推定には(11)式を用いるのが適当である。(9)、(11)式によれば、 σ_{28}/σ_7 の値は $\sigma_7=100\sim300\text{ kg/cm}^2$ の範囲でそれぞれ1.43~2.00、1.28~1.55となる。

なお、上記提案式とSlater氏式、Oregon State Highway Commission式、日本セメント技術協会式との関係を図示すれば図-4のようになる。

4. む す び

少い資料からではあるが、本道産骨材を使用した普通ポルトランドセメントコンクリートの c/w と σ_{28} との関係ならびに σ_7 と σ_{28} との関係について簡単な式を提案したが、これを取りまとめてみると良質普通ポルトランドセメントを用いる場合は

$$\sigma_{28} = -120 + 215 c/w \tag{3}$$

セメント、骨材などに多少難点のある場合は

$$\sigma_{28} = -135 + 215 c/w \tag{1}$$

$$\sigma_{28} = -155 + 215 c/w \tag{2}$$

を用いるのが適当である。

また、 σ_7 から σ_{28} を推定するには普通ポルトランドセメントに対し簡単な(9)式を、安全側の推定には(11)式を用いるのが適当である。

$$\sigma_{28} = 1.15\sigma_7 + 85 \tag{9}$$

$$\sigma_{28} = 1.15\sigma_7 + 40 \tag{11}$$

ただし、 $300 > \sigma_7 > 100$ とする。

参考文献

1) 横道・一木・林： 高強度普通コンクリートの配合および圧縮ひずみ セメント技術年報 IX.