

V-55 超硬練りコンクリートの配合強度

建設省土木研究所 正会員 森濱和正
東亜建設工業(株) 正会員 西川正夫

1. まえがき

コンクリートの配合強度は、通常、材料の品質、製造、試験誤差を主なバラツキと考え、それらを変動係数としてとらえ、設計基準強度を割増すことによって求めている。変動係数には施工時の締固めの影響も考慮されている。それは、コンクリートがワーカブルであり、締固めのバラツキは小さいのでそれも含めて考えている。しかし、超硬練りコンクリートは、大きな締固めエネルギーを与えてもほぼ一定の締固め率を確保することは難しく、それにともない強度などコンクリートの品質に与える影響は無視できない^{1,2)}。そのため、超硬練りコンクリートの配合強度を求めるにあたっては、製造時などのバラツキに加え、締固め率のバラツキも考慮する必要がある。そこで本報告では、ローラー転圧コンクリート舗装(RCCP)を例に締固めを考慮した配合強度の求め方について検討したものである。

2. 締固め率と強度

2.1 締固め率の分布

RCCPの試験施工によるコアの締固め率試験結果は、締固め率の平均値は96.2%、標準偏差 σ は1.6%と報告されており、危険率を5%とすると締固め率は平均値より2.7% (1.65σ) 低下することになる³⁾。

2.2 強度の分布

超硬練りコンクリートで締固め率96%を目標に曲げ供試体を作製し、曲げ強度試験を行った結果⁴⁾は、図-1のようにほぼ正規分布となった。そのときの変動係数 V は、7.0%であった。

2.3 締固め率と強度の関係

締固め率と曲げ強度の関係の一例に(1)式がある¹⁾。

$$\sigma_{b28} = 4.20 \delta_0 - 341.7 \quad (r = 0.829) \quad (1)$$

ここに、 σ_{b28} : 材令28日の曲げ強度 (kgf/cm²)

δ_0 : 締固め率 (%)

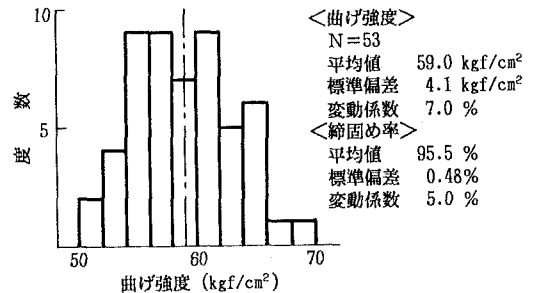


図-1 曲げ強度の分布

(1)式より、締固め率1%の増減により曲げ強度は4.2kgf/cm²変化する。2.1より、危険率5%のとき曲げ強度は11.3kgf/cm²低下することになる。この値は、セメントコンクリート舗装要綱⁵⁾の設計基準曲げ強度45 kgf/cm²の25%にも相当し、いかに締固めの影響が大きいかがわかる。

3. 配合強度の求め方

以上の結果より、配合強度を求めるには製造などの影響と締固めの影響の両方を考慮して求める必要があり、それらの関係は図-2のようになる。

(1) 製造などの影響は、基準締固め率 δ_{cs} (管理用の締固め率)を設定し、通常どおり、下限値(設計基準強度)を下回る確率から割増し係数 p を求める。

(2) 締固めの影響については、つぎの2方法を考えた。

① 締固め率の危険率を一定値(例えば5%)以下になるように基準締固め率を設定する。そのとき、供試体作製時の締固め率を基準締固め率とすれば通常どおり設計基準強度に p を乗ずることにより配合強度が求められる。供試体作製時の締固め率を任意の締固め率とする場合は、図-2の関係より設計基準強度に相当する強度は $(1+q)\sigma_{bk}$ としなければならない。この方法は簡便であるが、下限値を下回る確率が明らかでない。

② そこで、下限値を下回る確率(図-2の斜線以下の部分の体積)を設定する方法が考えられる。そのと

きの2変量正規密度関数は(2)式⁶⁾、斜線以下の確率 $P(-\infty < X < \infty, -\infty < Y < \sigma_{bk})$ は(3)式で求められる。

$$f_{X,Y}(x,y) = \frac{1}{2\pi\sigma_X\sigma_Y\sqrt{1-\rho}} \exp\left[-\frac{1}{2(1-\rho^2)}\left\{\left(\frac{x-\mu_X}{\sigma_X}\right)^2 - 2\rho\left(\frac{x-\mu_X}{\sigma_X}\right)\left(\frac{y-\mu_Y}{\sigma_Y}\right) + \left(\frac{y-\mu_Y}{\sigma_Y}\right)^2\right\}\right] \quad (2)$$

$$F_{X,Y}(x,y) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\sigma_{bk}} f_{X,Y}(x,y) dy dx \quad (3)$$

ここに、 ρ : X, Y の相関係数、 μ_X, μ_Y : X, Y の平均値

(1)と(2)の①、②の方法を組み合わせ、重要性などに応じてそれぞれの確率を設定することにより配合強度が求められる。この方法により、多様な設計が可能となる。

また、このように締固め率を考慮した配合設計を行うことにより、施工(転圧)上の締固め率の変動に応じて、品質確保上必要な目標締固め率 δ_{ot} (強度、耐久性などを満足するために施工上目標とすべき締固め率)や最小締固め率 δ_{ol} (強度、耐久性などを確保するために下回ってはならない最低の締固め率)が定められ、品質管理も合理的に行うことができる。

4. あとがき

超硬練りコンクリートは、単位水量が少ないなど良質なコンクリートが得られる可能性がある。しかし、施工によっては締固めが十分ではなく低品質のコンクリートとなる危険性がきわめて高い。そのため、今回提案した締固め率を考慮した設計により、良質な超硬練りコンクリートの得られることを期待したい。

【参考文献】

- 1) 森濱、西川：転圧コンクリートの強度特性に関する研究、コンクリート工学年次論文報告集、第12巻、1990.6
- 2) 西川、小林、森濱：転圧コンクリートの凍結融解抵抗性について、土木学会第45回年次学術講演会講演概要集、第5部、1990.10
- 3) 日本道路協会：転圧コンクリート舗装技術指針(案)素案、1990.3
- 4) 小林、森濱、高橋、西川：超硬練りコンクリートの配合設計および品質管理に関する研究、土木研究所資料第2843号、1990.1
- 5) 日本道路協会：セメントコンクリート舗装要綱、1984.2
- 6) 伊藤、亀田訳：土木・建築のための確率・統計の基礎、丸善、1977.4

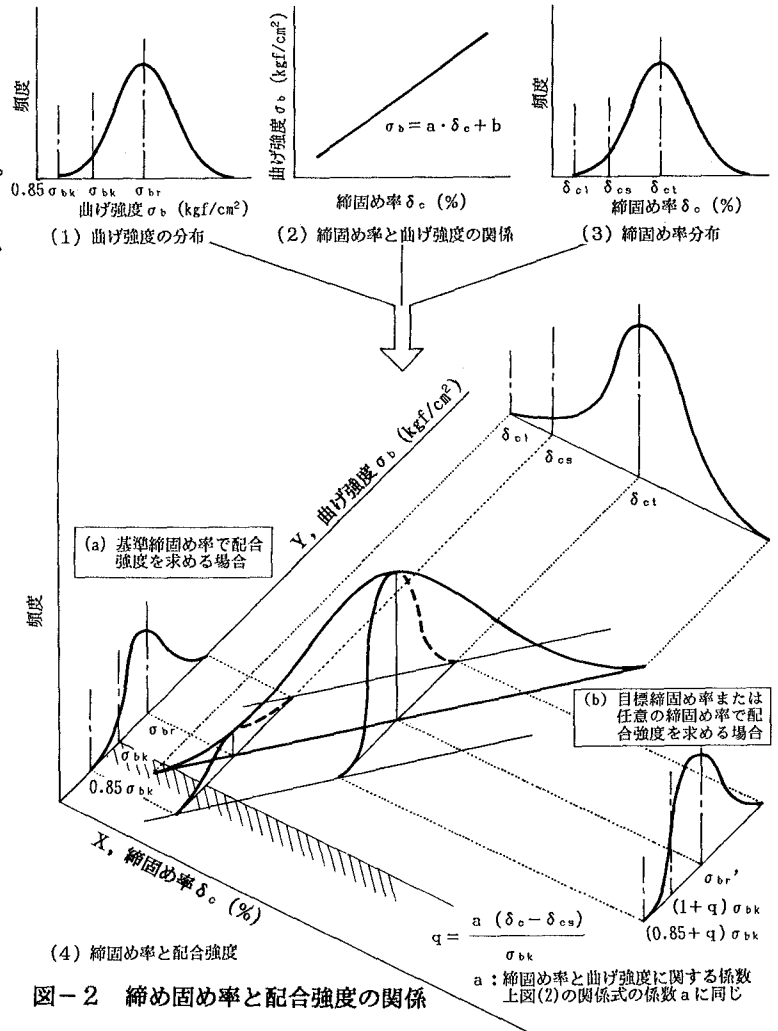


図-2 締固め率と配合強度の関係