

(V-40) コンクリートの極初期強度法による迅速品質評価と材料管理水準検出に関する研究¹⁾

防衛大学校 正会員 加藤 清 志
浅野工学専門学校 正会員 ○ 加藤 直 樹
日本大学生産工学部 正会員 河 合 糺 茲

1. まえがき

コンクリート構造物やプレキャストコンクリート製品の耐久性あるいは強度の信頼性確保は重要で、このための迅速な品質の評価法が種々研究されているが、「より迅速・簡易・安価・無公害・実用的・精度のよい」手法として、“極初期強度法”を開発した²⁾。本法は、前述の意味からすでに実用化の域に達しているものと評価された³⁾。ここでは、さらに要因相関図が簡便な品質管理図へ利用できること、また、要因定式化により材料計量管理水準を明らかにすることを示す。

2. 「極初期強度法」による迅速評価法の概要

フレッシュコンクリートに急結剤（セメント系、主成分：カルシウムアルミネートおよび炭酸ソーダ、C×7%）を30秒間でまぜあわせる。このバサバサコンクリートをφ10×20cmの通常型わくに詰め、ランマー（土質試験用、2.5kgf、落高30cm、2層、各層25回）で突き固め成型する。急結剤添加時点から40分で「極初期強度」を求めた。

3. 実験結果と要因相関式

配合は前報⁴⁾のとおりである。極初期強度（ f'_{c7} ）-28日強度（ f'_{c28} ）-単位セメント量（C）との関係を、3要因3次元表示⁴⁾を3要因2次元表示法に拡張したものを

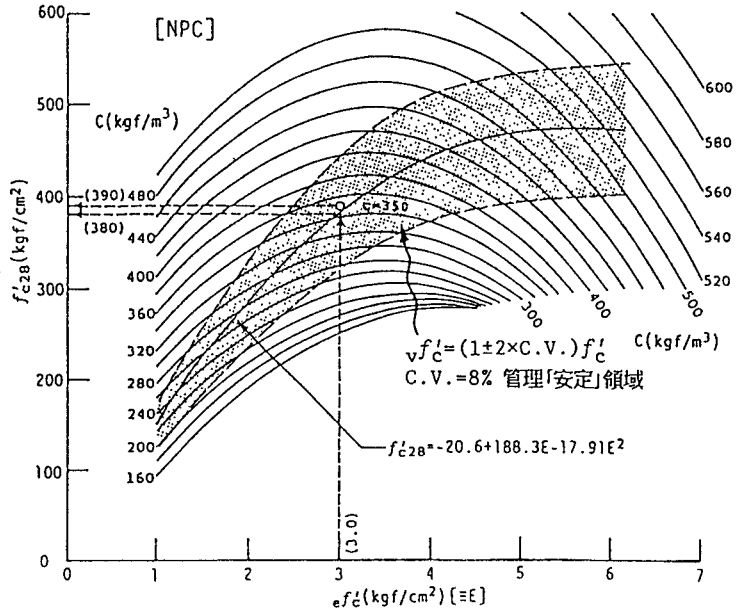


図-1 普通セメントコンクリートの3要因2次元表示

図-1に示す。また、普通コンクリートの場合の3要因多項式を式①～④に示す（早強コンクリートについては省略）。ここに、 f'_{c7} ：7日強度、E：極初期強度、R：セメント水比

$$f'_{c7} = -109.5 + 265.3E - 40.41E^2 - 124.0R + 15.71ER + 6.032E^2R - 46.92ER^2 + 4.358E^2R^2 \dots \textcircled{1}$$

$$f'_{c7} = -61.35 + 115.9E - 10.85E^2 - 0.2830C - 0.1910EC - 0.0504E^2C + 2.433 \times 10^{-3}C^2 + 6.904 \times 10^{-4}EC^2 + 1.024 \times 10^{-7}E^2C^2 \dots \textcircled{2}$$

$$f'_{c28} = -140.2 + 224.8E - 15.45E^2 + 0.9575R - 37.44ER + 12.18E^2R + 112.7R^2 - 37.82ER^2 - 0.1838E^2R^2 \dots \textcircled{3}$$

$$f'_{c28} = -181.4 + 167.8E - 10.68E^2 + 0.8662C - 0.1523EC - 0.05398E^2C + 6.929 \times 10^{-5}C^2 + 3.480 \times 10^{-4}EC^2 + 4.858 \times 10^{-5}E^2C^2 \dots \textcircled{4}$$

4. 定式化による材料計量管理水準の検出

式①～④を用い、“誤差伝播の法則”によると、要因変動が推定強度に及ぼす影響は式⑤で与えられる。

$$(df'_{c7})^2 = (\partial f'_{c7} / \partial E \cdot dE)^2 + (\partial f'_{c7} / \partial R \cdot dR)^2 + (\partial f'_{c7} / \partial C \cdot dC)^2 \dots \textcircled{5}$$

いま、実測平均誤差 $dE = 0.21 \text{ kgf/cm}^2$ （E×7%相当）、セメント計量誤差 $dC = 7.0 \text{ kgf/m}^3$ （C×2%相当）と式⑤とから、 $df'_{c7} \approx 7.1 \{ (0.21)^2 + (1.0)^2 \}^{1/2} = 7.8 \text{ kgf/cm}^2$ 。よって、とくに、セメントの計量は厳重にされねばならない。したがって、各要因の強度誤差に及ぼす影響度が同一パリティであることが望ましい。

よって、式⑥、⑦が得られる。

$$\partial f'_c / \partial E \cdot dE : \partial f'_c / \partial R \cdot dR : \partial f'_c / \partial C \cdot dC = 1 : 1 : 1 \cdots \cdots \text{⑥}$$

$$dC = (\partial f'_c / \partial E) dE / (\partial f'_c / \partial C) \cdots \cdots \text{⑦}$$

極初期強度の平均誤差比 dE/E をパラメーターとしたときの極初期強度とセメント計量誤差 dC との関係を図-2に示す。セメント計量誤差を $\pm 2\%$ とすると⁵⁾、要因間の精度判定が可能である。

同様に、式③・⑦から、平均誤差比をパラメーターとしたときの極初期強度（または、セメント水比あるいは水セメント比）とセメント水比計量誤差 dR との関係を図-3に示す。なお、セメント水比 R の誤差 dR の範囲は、式⑧による⁵⁾。

$$R(1 \pm dR/R) = C(1 \pm 0.02)/W(1 \pm 0.01) \approx C/W \cdot (1 \pm 0.03), dR/R = \pm 0.03 \cdots \cdots \text{⑧}$$

図-3から、いま、極初期強度 4.5 kgf/cm^2 のとき、 $C/W = 2.13$ ($\therefore W/C = 0.47$) であり、 $dE/E = 6\%$ では標準示方書の精度を逸脱し、 $3 \sim 4\%$ の高精度で測定されねばならない。 $dE/E = 3\%$ では、 $dR = -0.047$ 。

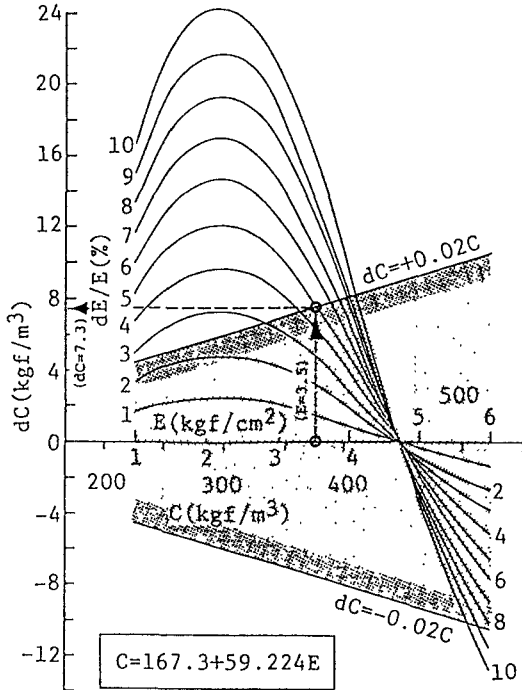


図-2 C・E誤差が同一バリティーを与える相関図

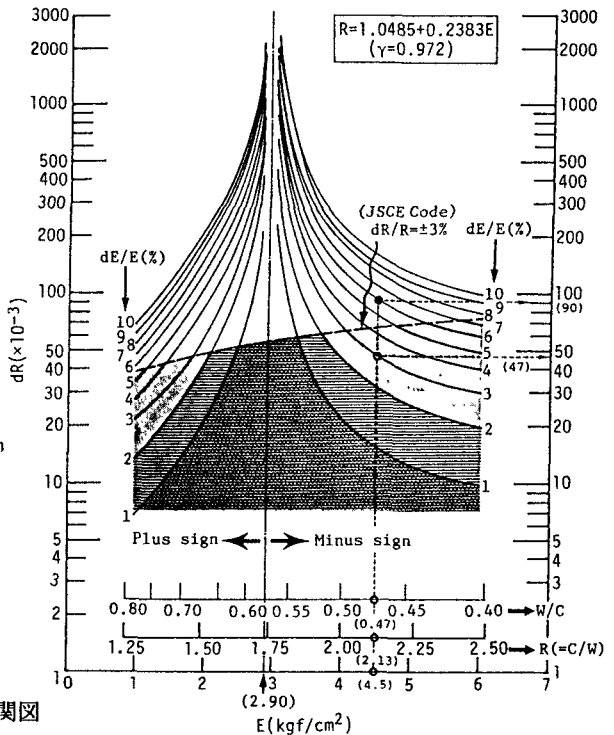


図-3 R・E誤差が同一バリティーを与える相関図

5. 結論

- (1) 40分後の「極初期強度」は、生コン工場や製品工場の品質管理に利用できる。
 - (2) 要因定式化により、3次元座標表示法を3要因2次元表示法へ展開でき、管理図としても利用できる。
 - (3) 3要因2変数多項式の要因解析により、実験値測定精度・材料計量誤差等の影響度を明らかにできる。
- <謝辞>本研究には、防大 南 和孝助手、佐藤純一事務官の助力を受けた。付記して謝意を表する。
- <参考文献> 1) 加藤清志・加藤直樹・津田悦弘：コンクリートの極初期強度による迅速強度評価と要因定式化による品質管理に関する研究、コンクリート工学年次論文報告集、13-1、1991.6、pp.375-380。 2) 加藤清志・加藤直樹・湯沢敏雄・増川敏雄：急速硬化促進されたコンクリートの極初期強度による長期強度および単位セメント量の迅速評価法に関する研究、同上、12-1、1990.6、pp.343-346。 3) 第12回コンクリート工学年次講演会報告(3)各セッション報告、コンクリート工学、28-12、1990.12、p.72。 4) 加藤直樹・加藤清志・湯沢敏雄：コンクリートの極初期強度による迅速品質評価と2変数多項式表示並びに品質管理法への適用に関する研究、18回関支技研、平3.3、pp.260-261。 5) 土木学会：コシ「施工編」、1986、p.52。