

読売東京理工専門学校 正会員 森田 興 司
防衛大学校 正会員 加藤 清 志
防衛大学校 阿部 智

1. まえがき

良質天然骨材の枯渇にともない、コンクリート用骨材の品質が問題にされ、最近まで幾多の調査研究がなされている。しかしながら、現実問題として、軽量骨材や高炉スラグ碎石等はその内部構造組成から、密実堅硬な組成を有してはいない。このような観点から、本報告では、モルタルマトリックスよりも低い強度の骨材を含む人工骨材コンクリートの強度推定に関し、従来その実用性が確認されている Bache-Christensen 式（以下B-C式という）の一般的拡張に関して、モール・クーロンの破壊基準を適用し、骨材強度を含むコンクリート強度の推定式の一般化について報告するものである。

2. 有効骨材強度推定の問題点

B-C式では、コンクリートの圧縮強度（ σ ）は3つの独立する物理量、すなわち粗骨材強度（ σ_a ）、モルタル強度（ σ_m ）および粗骨材容積比（ n ）の関数とし $2 < \sigma_m / \sigma_a < 15$, $0 < n < 0.5$ の範囲で、その関係は(1)式のように定義されている¹⁾。

$$\sigma / \sigma_m = (\sigma_a / \sigma_m)^n \dots\dots(1)$$

また、有効骨材強度（Effective aggregate strength） σ_a は、 σ_m と n との関係から図-1に示す方法によって求められる。しかし、前報²⁾において、各種骨材に対するB-C式の適用性を検討した結果、図-2のような w/c を異にしたモルタルマトリックス強度を用いた場合、一定の有効骨材強度を得ることはできないことが明らかとなった。

3. モール・クーロンの破壊基準の適用

モルタルマトリックスの強度が変化しても、常に一定の有効骨材強度を得るべく、モール・クーロンの破壊基準を適用する。いま、コンクリートを完全弾性体と想定するとき、一般に単軸圧縮での主応力（ σ_1 ）、結合力（ C ）、内部摩擦係数（ μ ）らの関係は（2）式で与えられる。

$$\sigma_1 = 2C(\mu \pm \sqrt{\mu^2 + 1}) \dots\dots(2)$$

また、コンクリートのみかけの結合力（ C_c ）および内部摩擦係数（ μ_c ）はモルタルおよび粗骨材の結合力 C_m, C_a 、内部摩擦係数 μ_m, μ_a 、骨材容積比（ n ）等により（3）式で与えられる。

$$\begin{aligned} C_c &= nC_a + (1-n)C_m \\ \mu_c &= n\mu_a + (1-n)\mu_m \end{aligned} \dots\dots(3)$$

圧縮および引張強度試験より求めた σ_c, σ_t を用い、(2)、(3)式より C_a, μ_a, C_m, μ_m 等の値を決定することができる。したがって、コンクリート強度も同様に(2)、(3)式より(4)式で与えられる。

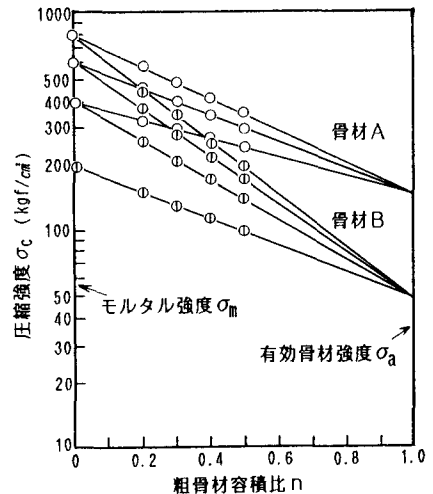


図-1 骨材強度の決定方法

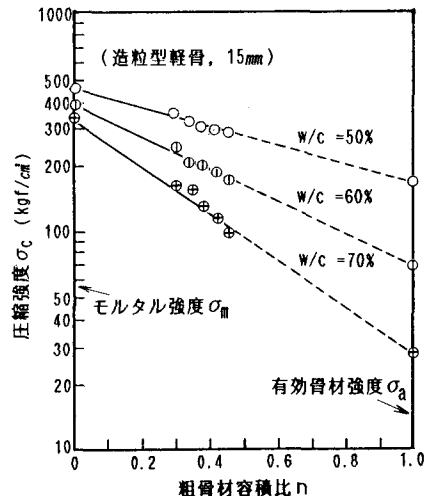


図-2 w/c の変化と有効骨材強度

$$\sigma = 2(C_m - n\alpha) \{ (\mu_m - n\beta) \pm \sqrt{(\mu_m - n\beta)^2 + 1} \}$$

（ただし $\alpha = C_m - C_a$, $\beta = \mu_m - \mu_a$ ）……(4)

4. 実験的検証

4.1 実験方法 セメントは普通ポルト、細骨材は山砂（表乾比重2.60）、粗骨材は造粒型軽量骨材（表乾比重1.37）。水セメント比は45, 55, 65%の3種とし、粗骨材容積比は0～0.5の範囲の6～8種類とした。供試体寸法は10φ×20cmで、材令28日で圧縮、引張試験等を行なった。

4.2 実験結果と考察 本来同一材料であれば C_a, μ_a は一定とみなし得ることから、図-3に結合力と粗骨材容積比との関係、図-4に内部摩擦係数と粗骨材容積比との関係を示す。これらの図から、 $C_a = 9.0 \text{ kgf/cm}^2$, $\mu_a = 1.05$ と推定できる。また、モルタルマトリックスの C_m, μ_m は(2), (3) 式の関係から求めた。

図-5に C_a, μ_a および C_m, μ_m を用いて求めたコンクリートの圧縮強度と粗骨材容積比との関係を示す。図より、モルタルマトリックスの強度が低い場合は、理論値と実測値はほぼ一致した傾向を示すが、モルタルマトリックスの強度が高くなるにつれ、また粗骨材容積比の増加にともない、実測値はかなり大きくかつ分散する傾向がみられる。これは、破断面の観察により、わずかではあるが存在するモルタルと粗骨材の剥離の影響と思われる。すなわち、結合力および内部摩擦係数のほかに付着の要因を加味する必要がある。

また、図-5で従来の直線延長による推定法での有効骨材強度を求めると、破線のようにモルタルマトリックスの強度により σ_a はばらつき、本報に示す推定式の実計算値法による有効骨材強度より2～3倍程度大きな値を示すことがわかった。

5. あとがき

本報告では、結合力および内部摩擦係数を考慮した強度推定式の有意性を確認した。さらに適切な結合力および内部摩擦係数の決定法、並びに付着力の要素を加味した場合の検討などが必要と思われるが、それらについては次報にゆずる。

〈参考文献〉

1) Bache, H.H.: Strength of Structural Lightweight - aggregate Concrete, Proc. Symp. Testing & Design Methods of Lightweight-aggregate Concrete, Budapest, 1967.

2) 大内・加藤: Bache-Christensen 式の人骨材コンクリート強度推定への適用性に関する研究、第40回土木学会年次学術講演会概要集5部, 昭和60年10月, pp. 59～60.

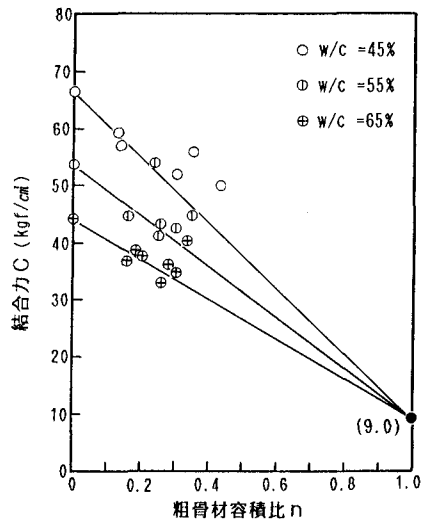


図-3 結合力と粗骨材容積比との関係

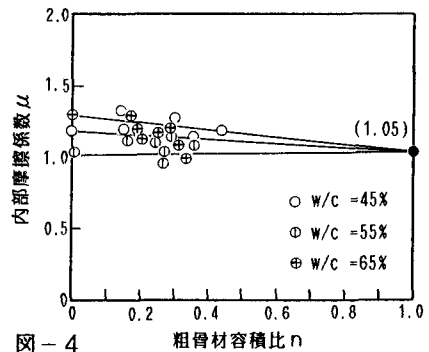


図-4 内部摩擦係数と粗骨材容積比との関係

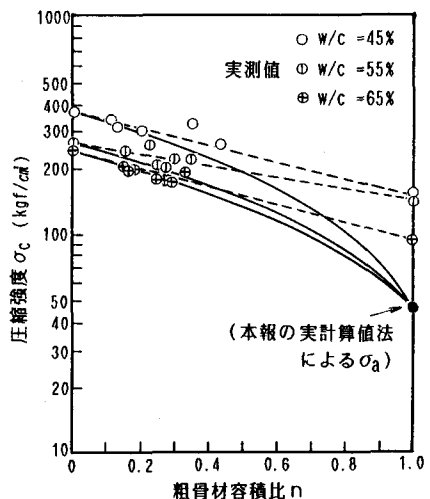


図-5 実計算値法による理論値と実測値