

東大生研 正員 小林一輔
東京理工専 正員 ○ 趙 力采

1. は し が き

コンクリートの弾性係数とその構成材料である骨材とセメントマトリックスの弾性係数との関係については古くから検討されているが、未だ繊維強化系複合材料における混合法則 (Law of Mixture) に相当するような確立された関係は存在しないようである。

本文では、骨材ならびにセメントマトリックスの弾性係数を広範囲に変化させてつくったコンクリートについてその弾性係数を求め、これらの間の関係について若干の検討を試みたものである。

2. 実験方法

骨材としては一般に打抜き銅片、鋼球、砕きガラス、ガラスビーズ、ポリエチレンベレットなどが使用されるが、本実験ではさらにその弾性係数が広範囲に変化し、しかも形状と付着性状がおおむね一定となるようモルタルで製作した粗骨材を用いた。

3. 実験結果と考察

図-1は骨材の弾性係数と容積比がコンクリートの弾性係数に及ぼす影響を示した1例であるが、Modular ratioが1より大となるに従って、Ishaiが提案した一次式 $E_c = E_m (1 + K V_a)$ の適用が困難となることを示している。

一般にコンクリートの弾性係数とその構成材料の弾性的性質との関係についてはこれまでに数多くの研究があり、提案されている関係式も10個をこえる。これらはいずれもコンクリートを骨材とセメントマトリックスから成る2相複合材料とみなし、これらの変形機構を解釈するために設定された種々のモデルによって得られたものであって、一般的には、 $E = f (E_a, V_a, E_m, V_m)$ の形で表わされているが、その実験値との適合に関しては十分な検討がなされていない。

図-2および図-3は夫々 Modular ratio が1より大きい場合と小さい場合について、Modular ratio と E_c / E_m との関係を示したものであって、同時に現在提案されている代表的な5種の式による曲線も示している。これによると容積が V_a の球体 (骨材) をマトリックスの中心部に埋込んで容積が1の球体となるようなモデルによって得られる次式 (Hashin-Hansen式) による計算値が実験値に最も近い値となることがわかる。

$$E = \frac{(1 - V_a) E_m + (1 + V_a) E_a}{(1 + V_a) E_m + (1 - V_a) E_a} E_m$$

図-2~3はいずれも骨材の容積比 (V_a) が0.43の場合について示したものであるが、骨材の容積比を広く変化させた場合における E_c / E_m の実験値と上記の各式による計算値との比を示したものが図-4であって、大体の傾向としては骨材の容積比が0.5をこえる場合にはいずれの式による計算値も実験値からはずれにくる。また、 $m = 1 \sim 5$ の場合にはいずれの式を用いてもほぼ実験値に近い値を求めることが出来るが、 $m = 5 \sim 10$ の場合には用いる式によって計算値と実験値との間に相当の開きを生ずる。いずれにせよこの場合にもポアソン比を考慮した Hashin-Hansen式による計算値が最もよくあてはまるようである。また、図-5は弾性係数の異なる骨材を使用することによって、圧縮強度のほぼ等しいコンクリートの弾性係数をかなり広範囲に変え得ることを示したものである。

4. むすび

本実験によってコンクリートの弾性係数を骨材ならびにセメントマトリックスの弾性係数とその容積比から推定するための関係式としては Hashin-Hansen の提案した式で実用上十分であることが明らかとなった。

図-1. 骨材の種類及び骨材容積比とコンクリートの弾性係数

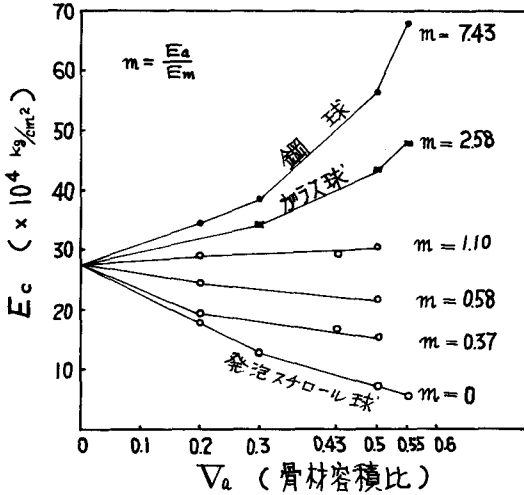


図-2. Modular ratio と E_c/E_m との関係 ($m > 1$)

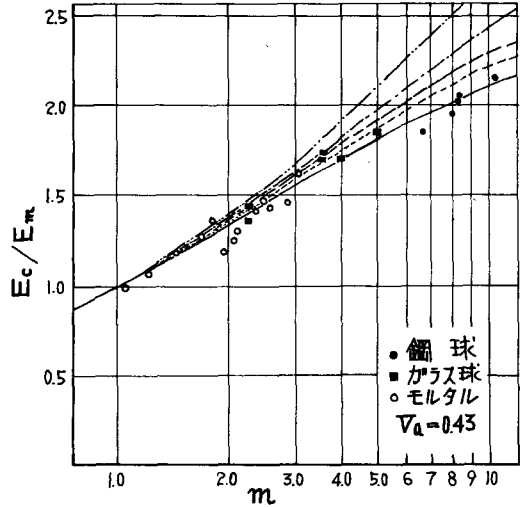


図-3. Modular ratio と E_c/E_m との関係 ($m < 1$)

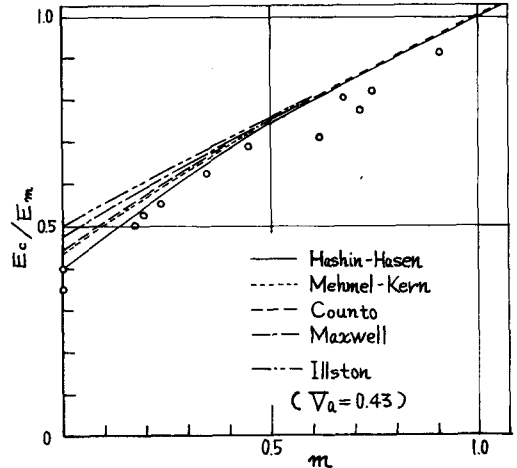


図-4. 理論式の適合性

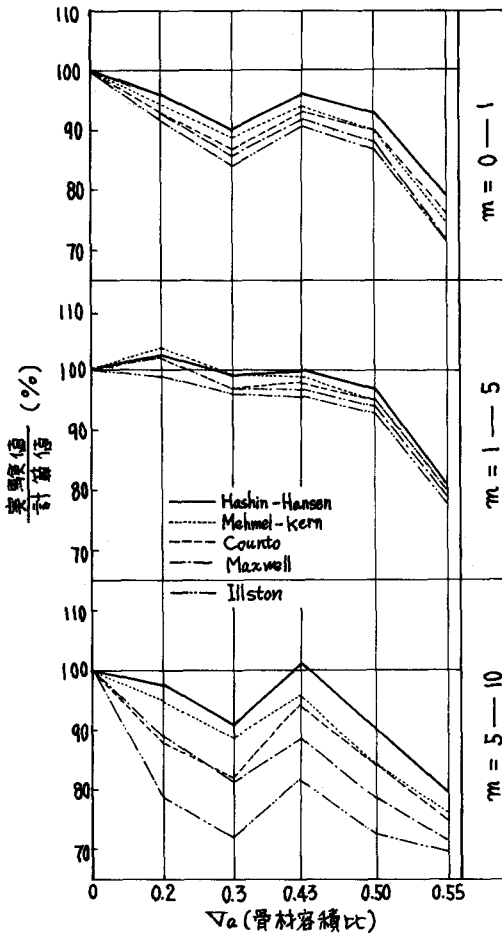


図-5. σ_c と E_c/σ_c との関係 ($V_a=0.43$)

