

V-21 コンクリートの圧縮強度に関する簡易な複合式

岩手大学 正員 ○ 帷子 國成
岩手大学 正員 藤原 忠司

1. まえがき

コンクリートをマトリックス（セメントペーストあるいはモルタル）と骨材とからなる複合材料と想定し、コンクリートの弾性的性質や乾燥収縮をこの観点から複合式で表示しようとした既往の研究は数多いが、強度に関する複合則は未だに明らかにされていないように思われる。本研究では、コンクリートをモルタルと粗骨材とで構成される複合材料として、圧縮強度に関する簡易な複合式を求めようとした。

2. 実験概要

粗骨材としては、15種類の砕石を使用した。最大寸法は25mmであり、すべて同一の粒度になるように調整して用いた。砕石自体の強度およびヤング係数を、母岩から採取したφ30×60mmの円柱供試体によって測定している。細骨材には川砂（表乾比重：2.54）、セメントには普通ポルトランドセメントを使用した。配合は、単位水量および単位粗骨材容積を一定にした6種類であり、この配合から粗骨材を除いたモルタル供試体も作製している。φ10×20cmの円柱供試体により、標準養生後材令28日の圧縮強度およびヤング係数を求めた。

3. 圧縮強度に関する簡易な複合式

ここでは、図-1のような直列および並列モデルを想定する。直列モデルでは、両材料に等しい力が作用し、並列モデルでは、両材料のひずみが等しい。

直列モデルの場合、弾性領域内で、コンクリートのヤング係数に関する次の複合式が成立する。

$$E_c = [1 / \{ (1 - V_a) / E_m + V_a / E_a \}] \quad (1)$$

ここで、 E ：ヤング係数、 V_a ：粗骨材容積率、添字 c ：コンクリート、 a ：粗骨材、 m ：モルタル。圧縮破壊時を考えると、コンクリートの強度は、モルタルと粗骨材のうちの先行して破壊する材料の強度によって決定されることになる。したがって、圧縮強度を F で表示すれば、

$$F_c = F_m \text{ あるいは } F_c = F_a \quad (2)$$

一方、並列モデルにおいては、弾性領域内でコンクリートのヤング係数に関する次式が成立する。

$$E_c = (1 - V_a) E_m + V_a E_a \quad (3)$$

両材料のひずみが等しいので、上式のヤング係数を応力に置き換えても、同様の式が成立する。この応力関係がコンクリートの破壊時においても成り立つと仮定すれば、強度に関する次の式が得られる。

$$F_c = (1 - V_a) F_m + V_a F_a = \{ 1 - (1 - E_a / E_m) V_a \} F_m \quad (4)$$

ここでは、 $E_m / F_m = E_a / F_a$ を仮定している。

問題となるのは、これら二つのモデルのうち、いずれが現実に近い点であろう。これを圧縮強度の実測値から検討するのは無理であるため、ヤング係数が強度に比例的に対応すると仮定し、ヤング係数の実測値を用いて、この点を検討してみる。図-2および図-3は、それぞれ直列および並列モデルの適合性の検討を示している。両図より、 $E_a > E_m$ の場合は直列モデルの適合性が、 $E_a < E_m$ の場合は並列モデルの適合性が優れていることが確認された。以上をまとめれば、次のように表示できる。

$$F_c = k \{ 1 - (1 - E_a / E_m) V_a \} F_m + (1 - k) F_m \quad (5)$$

$E_a > E_m$ の場合 $K=0$ 、 $E_a < E_m$ の場合 $k=1$

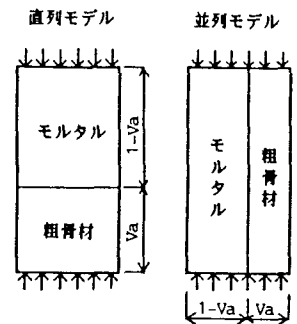


図-1 解析モデル

4. 複合式の適合性

図-4は、 $E_a \geq E_m$ の場合の複合式による計算値の適合性を検討したものである。コンクリートの圧縮強度の計算値は、単にモルタルの圧縮強度に等しい。また、使用した砕石15種類のうち、12種類はほとんどの配合で $E_a \geq E_m$ の条件を満たす。そこで、図の煩雑さを避けるため、コンクリートの圧縮強度の実測値は各配合、換言すれば各モルタル強度に対して、最大と最小の範囲で示した。

12種類の砕石の品質は、それぞれに大きく異なる。それにもかかわらず、各配合でコンクリートの圧縮強度の差は比較的小さく、おしなべてモルタルの圧縮強度に近い。これは、 $E_a \geq E_m$ の場合、式(5)が基本的に妥当であることを意味している。さらに、この場合には、コンクリートの圧縮強度がモルタルによって決まるため、粗骨材を厳選してコンクリートの強度を高めようとしても、それには限界があることを示唆している。

$E_a < E_m$ の場合の複合式の検討を示したのが、図-5である。15種類の砕石のうち、3種類がほとんどの配合でこの条件下にあった。

計算値がやや大きめの値を示しているものの、大略的には計算値の適合性は良好な結果となっており、これは式(5)がこの条件の場合にもほぼ妥当であることを示している。

$E_a < E_m$ の条件を満たす粗骨材はきわめて低品質であると考えてよい。この場合、粗骨材の品質はコンクリートの圧縮強度に大きく関連する可能性が強いため、注意を要する。

式(5)の導出過程には、多くの仮定が含まれており、理論的には必ずしも厳密ではないが、式の形がきわめて簡易であり、近似的な複合式としては、充分有用であると考えられる。

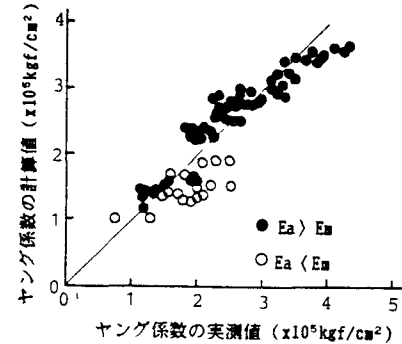


図-2 直列モデルの検討

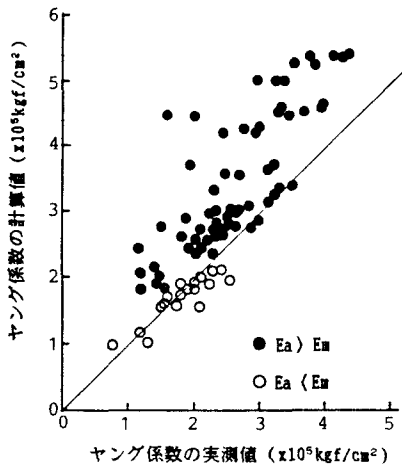


図-3 並列モデルの検討

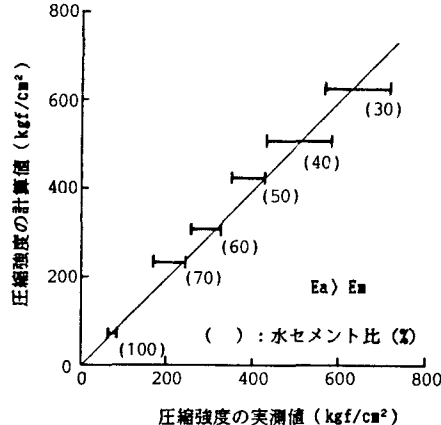


図-4 複合式の検討

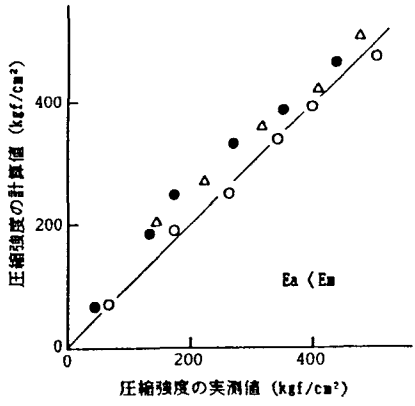


図-5 複合式の検討