

若材齢コンクリートの引張ヤング係数の実験および推定

山口大学大学院 学生会員 ○石川慶典 山口大学大学院 正会員 吉武 勇
 山口小野田レミコン(株) 正会員 河野博幸 山口大学大学院 正会員 三村陽一
 (株)日本ピーエス 正会員 河本健三

1. はじめに

初期ひび割れを適切に予測するためには、コンクリートに生じる引張応力を推定する必要がある。そのためには、時々刻々と変化する若材齢コンクリートの力学的特性を適切に評価する必要がある。コンクリートに生じる応力を計測や解析により算定する場合、まず求まるのはひずみである。このひずみを応力に換算するためには、コンクリートのヤング係数が必要となる。そこで本研究では、引張応力算定に必要となる引張ヤング係数を求めるために、一軸引張実験を行った。

2. 引張ヤング係数実験

2.1 実験概要

本研究では、表-1 に示す配合（設計基準強度 24N/mm^2 ）のコンクリート供試体を作製した。また、これに加え同配合のコンクリートに、ウェットスクリーニングを施したモルタル供試体も作製した。本研究では、図-1 に示すドッグボーン供試体を用いた。本研究の一軸引張実験には、図-2 に示す2重レバー式の載荷装置を用い、コンクリートおよびモルタルの引張ヤング係数を求めた。また、引張ヤング係数と圧縮（割線）ヤング係数の比較を行うため、円柱供試体（コンクリート： $\phi 100 \times 200\text{mm}$ ，モルタル： $\phi 50 \times 100\text{mm}$ ）も併せて作製し、圧縮（割線）ヤング係数を求めた。なお、本研究では、セメント種類がおよぼす影響を調べるために、高炉セメント（BB）および普通ポルトランドセメント（N）を用いた。

2.2 実験結果および考察

材齢2, 3, 7日におけるモルタルの引張応力—ひずみ関係の一例を図-3 に示す。図-3 より、モルタルの引張応力—ひずみ関係は、概ね線形性を示し、材齢が進行するにつれて回帰直線の傾き（引張ヤング係数）が大きくなっていることがわかる。また、いずれの実験においても除荷時の残留ひずみはほとんど生じず、線形弾性的なひずみ挙動を示した。コンクリートの引張応力—ひずみ関係も、ひずみの増加にともない引張ヤング係数が若干小さくなる傾向にあったが、モルタル同様に線形弾性的なひずみ挙動を示した。ここで、材齢7日のヤング係数に対する各材齢X日（2, 3, 7日）におけるモルタルのヤング係数比を

図-4 に示す。図-4 より、モルタルでは圧縮ヤング係数に比べ引張ヤング係数の発現が早いことがわかる。

表-1 配合条件

使用セメント	高炉(BB)	普通(N)
水セメント比 W/C	57%	58%
細骨材率 s/a	44%	46%
単位量 (kg/m^3)	水 W	162
	セメント C	285
	細骨材 S	798
	粗骨材 G	1013
	混和剤 Ad	2.9

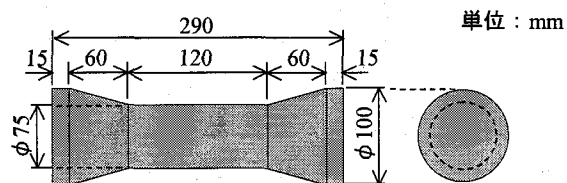


図-1 ドッグボーン供試体

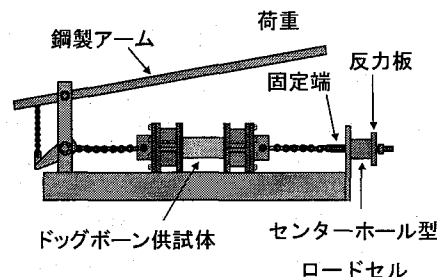


図-2 2重レバー式載荷装置

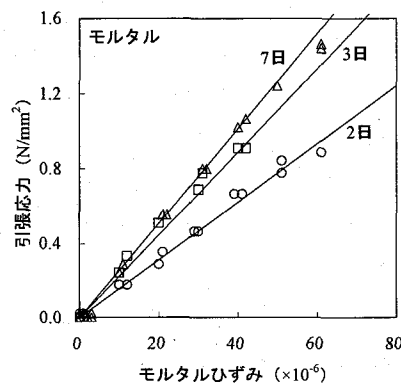


図-3 引張応力—ひずみ関係(モルタル)

また、コンクリートにおいてもモルタルほど顕著な傾向ではないが、引張ヤング係数の発現は、圧縮ヤング係数に比べて早いものであった。

2.3 既往の推定式との比較

コンクリート標準示方書(RC 示方書)に示される、圧縮強度をパラメータとしたヤング係数推定式を式(1)に示す。

$$E(t) = 4700 \sqrt{f'_c(t)} \quad (1)$$

ここで、 $E(t)$ ：材齢 t 日におけるヤング係数(N/mm²)、 $f'_c(t)$ ：材齢 t 日における圧縮強度(N/mm²)を表す。

高炉セメントを使用したコンクリートのヤング係数の実験値と式(1)による推定値の比(実験値/推定値)を図-5に示す。図-5より、上記の推定式を用いた場合、実験値は推定値に比べ2～5割程度大きくなることからわかる。また、圧縮ヤング係数に比べ引張ヤング係数では、実験値/推定値が大きく、特に材齢が早期であるほど、その傾向が著しい。このことは、ひずみにヤング係数を乗じて引張応力を算定する場合、実際に生じる引張応力を過小評価する可能性も考えられる。

3. 複合則理論に基づくヤング係数の推定

本研究では、複合則理論に基づきコンクリートをモデル化し、引張ヤング係数の推定を行った。本研究で利用した複合則理論モデルを図-6に示す。なお、修正 Hirsch モデルに適用した粗骨材(安山岩碎石)のヤング係数 E_{g1} は、圧縮ヤング係数を主対象とした既往の研究に基づいて55.1kN/mm²である。 E_{g1} を用いた修正 Hirsch モデルによる推定値と実験値の比を図-5に示す。

図-5より実験値は修正 Hirsch モデル(E_{g1})による推定値の50%程度であることがわかる。これは、粗骨材のみかけのヤング係数が、モルタルの界面で局所的な剥離が生じる引張応力状態と、圧縮応力状態では異なるためと考えられる。そこで本研究では、材齢7日においてコンクリートとモルタルの引張ヤング係数の実験値が同程度であったことから、これを修正 Hirsch モデルへ適用して、粗骨材のみかけの(引張)ヤング係数を求めた。ここで得られた粗骨材のみかけのヤング係数 E_{g2} (25.8kN/mm²)を修正 Hirsch モデルに適用し、コンクリートの引張ヤング係数を算定した。その結果を図-5の修正 Hirsch モデル(E_{g2})に示す。この図に示すように、その結果、実験値/推定値はほぼ1.0となり、粗骨材のみかけのヤング係数を用いることで、実験値を比較的精度良く推定していることがわかる。

4. まとめ

- (1) 引張ヤング係数は、圧縮ヤング係数に比べて発現が早く、特にモルタルにおいてその傾向が著しい。
- (2) 圧縮ヤング係数に基づいた RC 示方書では、引張応力を過小評価する可能性がある。
- (3) 修正 Hirsch モデルに、粗骨材のみかけの引張ヤング係数を適用することにより、若材齢コンクリートの引張ヤング係数を適切に予測できる。

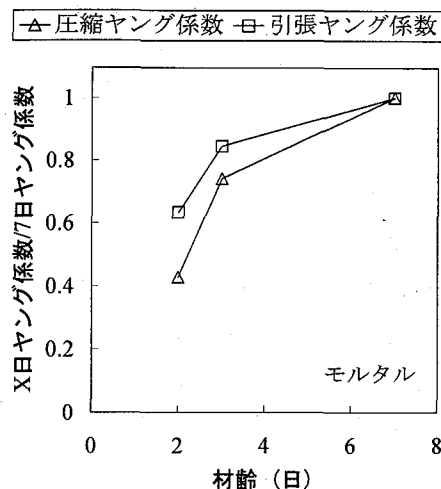


図-4 材齢7日に対するヤング係数比

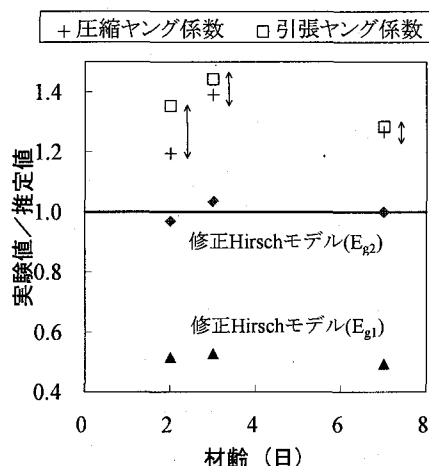


図-5 推定値に対する実験値(実験値/推定値)

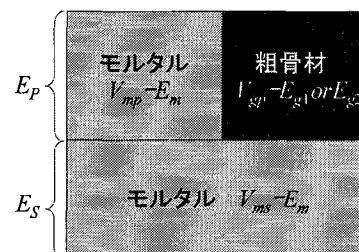


図-6 修正 Hirsch モデル