

水セメント比の異なる若材齢コンクリートの引張ヤング係数

山口大学大学院 学生会員 ○杉本 健 石川 慶典
 山口小野田レミコン(株) 正会員 河野 博幸 北村 耕平
 山口大学大学院 正会員 三村 陽一 吉武 勇

1. はじめに

若材齢期におけるコンクリートは、体積変化が著しく、また強度発現過程にあり、初期ひび割れが発生しやすい。このような初期ひび割れを精度よく推定するためには、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。コンクリートにひび割れをもたらす引張応力を計測や解析により推定する場合、材齢に応じて変化する若材齢コンクリートの引張ヤング係数が必要となる。そこで本研究では、一軸引張実験により引張ヤング係数を求め、その特性とモデル化について検討した。

表-1 配合条件

使用セメント		NC	NC	NC	BB
水セメント比 W/C		57%	39%	25%	57%
細骨材率 s/a		44%	46%	46%	44%
単位量 (kg/m ³)	水 W	165	169	170	162
	セメント C	290	434	680	285
	細骨材 S	812	790	694	798
	粗骨材 G	1030	933	818	1013
	混和剤 Ad	2.9	4.3	6.8	2.9

2. 引張ヤング係数実験

2.1 実験概要

本研究では、表-1 に示す配合でコンクリートを作製した後、複合則理論に適用するためウェットスクリーニングを施したモルタル供試体も併せて作製した。本研究では、図-1 に示すドッグボーン供試体を用いて一軸引張実験を行った。引張応力を受けるコンクリート(モルタル)内部に、エポキシ樹脂により保護コーティングを施したひずみゲージを埋設した。本研究の一軸引張実験では、図-2 に示す2重レバー式荷重装置を用い、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。また比較のため、円柱供試体(モルタル: $\phi 50 \times 100\text{mm}$, コンクリート: $\phi 100 \times 200\text{mm}$)を併せて作製し、圧縮ヤング係数実験を行った。

2.2 実験結果および考察

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、すなわち引張ヤング係数が大きくなった。いずれの実験においても、除荷時の残留ひずみは生じず、材齢・配合によらず線形弾性的なひずみ挙動を示した。コンクリートもモルタルと同様の傾向を示した。また、W/C が小さくなるにつれて回帰直線の傾きが大きくなる傾向がみられた。

そこで、コンクリートの引張ヤング係数の材齢変化を図-4 に示す。W/C が小さくなるにつれて引張ヤング係数の値は大きくなっており、材齢に応じてほぼ同程度の増加割合を示している。圧縮ヤング係数に対する引張ヤング係数の比を図-5 に示す。普通セメント(NC)を用いた

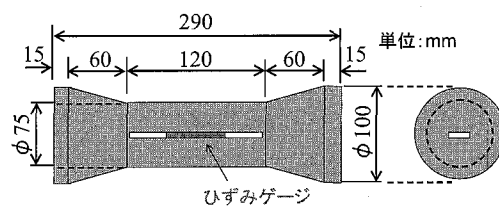


図-1 ドッグボーン供試体

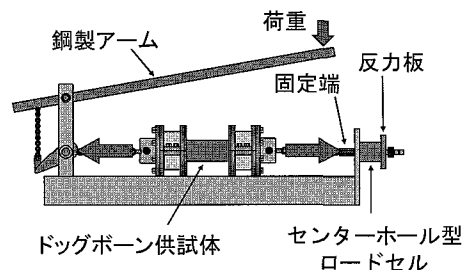


図-2 2重レバー式荷重装置

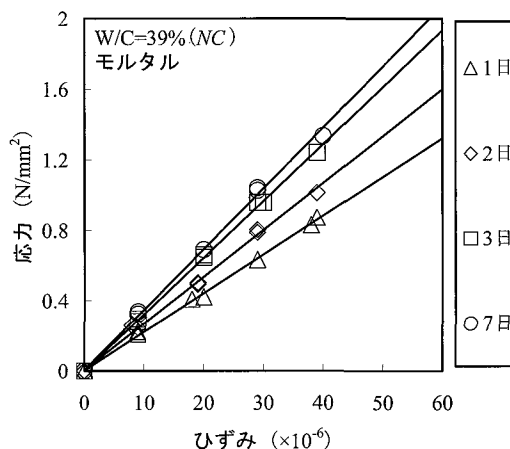


図-3 引張応力-ひずみ関係の一例

場合、材齢 3, 7 日程度で引張ヤング係数と圧縮ヤング係数がほぼ同程度になることがわかった。一方、若材齢であるほど、圧縮ヤング係数に対する引張ヤング係数の比が大きくなる傾向があり、すなわちこれは引張ヤング係数の発現が早いことを表している。この傾向はコンクリートに比べモルタルの方が顕著であった。また、W/C が大きいほど材齢 2 日において圧縮ヤング係数に対する引張ヤング係数の比は大きいものであった。

2.3 推定値と実験値の比較

圧縮強度と引張ヤング係数の関係を図-6 に示す。この図にはコンクリート標準示方書に示されるヤング係数評価式による推定値も併記している。この結果よりいずれの圧縮強度レベルにおいても、実験値は推定値より 5kN/mm^2 程度高い値を示した。このことは、ひずみにヤング係数を乗じて引張応力を推定する場合、実際に生じる引張応力に比べ、推定した引張応力が低くなるため、危険側の評価を与える可能性が考えられる。

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を用いて引張ヤング係数の推定を行った。本実験では、材齢 7 日における引張ヤング係数実験においてコンクリートとモルタルのヤング係数が同程度であった。そこで、モルタルと粗骨材を並列に配置した要素とモルタル要素を直列に配置した簡易モデルに適用して粗骨材のみかけの引張ヤング係数 E_g を求めたところ、 $E_g = 35\text{kN/mm}^2$ が得られた。ここで得られた粗骨材のみかけのヤング係数 E_g を簡易モデル、Counto モデルおよび Hashin-Hansen モデルに適用し、コンクリートの引張ヤング係数を推定した。簡易モデルによる推定結果を図-7 に示す。高炉セメント (BB) では、推定値のほうが大きい値を示しているが、NC の推定値は実験値の $\pm 5\%$ 以内にあり、実験値を精度良く推定することができた。本研究では、いずれのモデルを用いてもコンクリートの引張ヤング係数推定結果にほとんど差異がみられなかったことから、複雑なモデルを用いなくても、簡易モデルにより若材齢コンクリートの引張ヤング係数を概ね適切に推定することができる。

4. まとめ

- (1) 引張応力-ひずみ関係は、線形弾性的なひずみ挙動を示した。また、W/C が 57% から 25% と小さくなると材齢 7 日の引張ヤング係数がほぼ 10kN/mm^2 程度大きくなった。
- (2) 材齢 2 日程度までの若材齢コンクリートでは、W/C が大きいほど圧縮ヤング係数に対する引張ヤング係数の比は大きい。
- (3) 圧縮ヤング係数に基づいた既往の評価式では、引張応力を低く推定し、危険側の評価を与える可能性がある。
- (4) 複雑な複合則理論モデルを用いなくても、簡易モデルで若材齢コンクリートの引張ヤング係数を概ね適切に推定することができる。

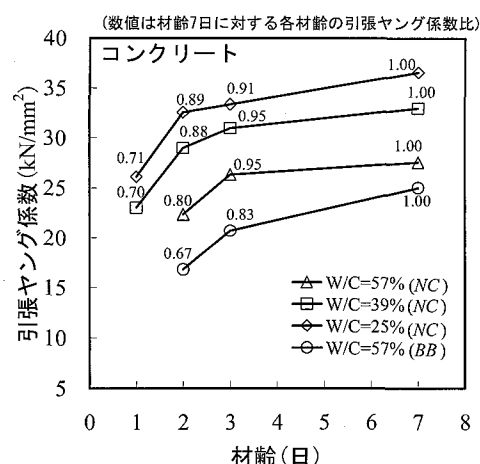


図-4 コンクリートの引張ヤング係数
引張ヤング係数/圧縮ヤング係数

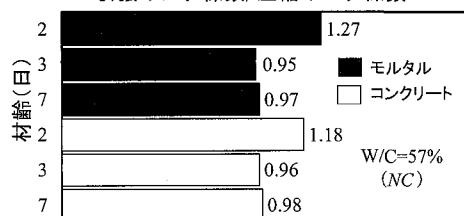


図-5 引張ヤング係数/圧縮ヤング係数

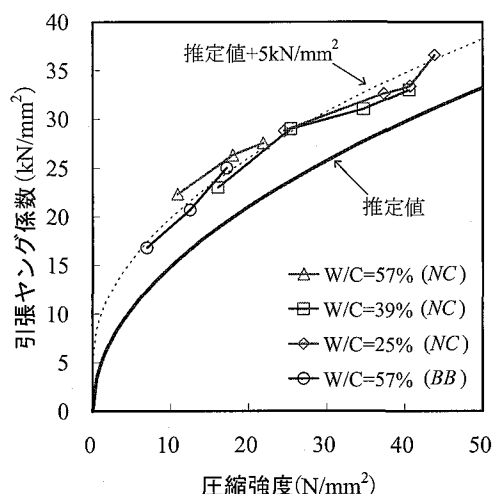


図-6 圧縮強度-引張ヤング係数関係

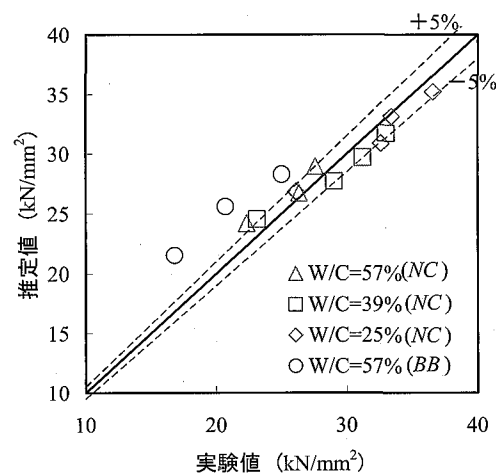


図-7 推定値(簡易モデル)に対する実験値