

若材齢コンクリートの引張ヤング係数の一推定方法

山口大学大学院 理工学研究科 正会員 ○吉武 勇
呉工業高等専門学校 正会員 三村陽一

1. はじめに

数値シミュレーションや計測結果を基に、コンクリートに作用する応力を推定するには、その時点でコンクリートが有するヤング係数が不可欠である。そして、コンクリートにひび割れをもたらす引張応力の推定には、引張ヤング係数を用いる方が適当であることは自明の理であろう。ところが、これまでコンクリートの引張ヤング係数は、圧縮ヤング係数と同等のものとして取り扱われ、設計・解析等においては、材齢に応じて変化する圧縮強度のみに基づいた推定式(実験式)が主に用いられているのが実状である。

ここで厳密には、ヤング係数と強度は直接的な相関性を示す力学物性ではないことに留意しなければならない。さらに若材齢期にあるコンクリートは、水和反応に応じて力学性状も変化することから、時々刻々と変化する圧縮強度のみから(引張)ヤング係数を推定するには自ずと限界があるものと思われる。本来、若材齢コンクリートの引張ヤング係数は、その実験等に基づいてモデル・定式化するのが適当であろう。しかしながら、直接的に引張ヤング係数を調べることができる引張試験自体がそもそも困難である上、十分に強度発現していない若材齢コンクリートの引張特性を逐一調べることは容易ではない。

そこで本研究では、標準的な材料を用いたコンクリートを対象に、その若材齢期における引張ヤング係数の推定法の提案を主目的とする。具体的には、既報¹⁾の実験結果に基づいた構成材料(モルタル)の引張ヤング係数の定式化を図り、簡便な複合則理論モデルを用いて複合体(コンクリート)の引張ヤング係数を推定するものである。本報は、ここで考案した推定法とその推定結果に基づく引張ヤング係数の特性について報告するものである。

2. モルタルの引張ヤング係数の推定式

材齢に応じて変化する引張ヤング係数を調べるため、3水準の水セメント比(W/C)のコンクリート、およびこれをウェットスクリーニングしたモルタルについて、Fig.1に示す装置を用いて直接引張実験を行った。本研究で対象とするコンクリート配合および実験材齢をTable 1にまとめて示す。実験の詳細については、既報¹⁾を参照されたい。

ここで、モルタルの引張ヤング係数(E_t)をセメント水比(C/W)で整理したところ、Fig.2の結果が得られた。ここに示すように、各回帰直線の勾配は一定(4.3GPa)であり、その切片が試験材齢(T)に応じて大きくなっている。この切片を収束関数で表現すると、結果的に次式が求まった。

$$E_t(T)=4.3\frac{C}{W}+\frac{21T}{T+1.5} \tag{1}$$

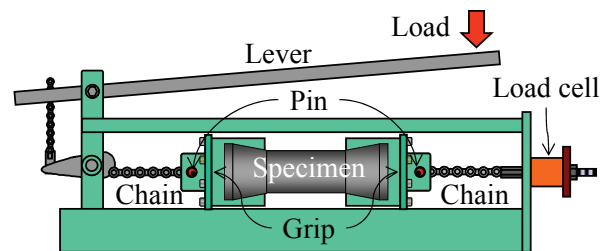


Fig.1 Direct tension test

Table 1 Mix proportions and test age

I.D.	Unit weight kg/m ³					Air %	Test age day
	W	C	S	G	Ad		
O57	165	290	812	1030	2.9	4.5	2,3,7,28
O39	169	434	790	933	4.3	3.8	1,2,3,7
O25	170	680	694	818	6.8	3.6	1,2,3,7

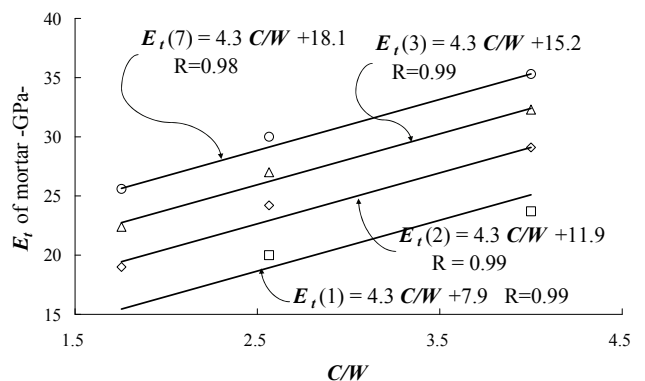


Fig.2 E_t of mortar - C/W

キーワード 引張ヤング係数, 若材齢コンクリート, 複合則理論

連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1 山口大学工学部社会建設工学科 TEL 0836-35-9306

3. 複合則理論モデルを用いた引張ヤング係数の推定

これまでいくつかの複合則理論モデルが考案され、そのモデルに立脚した推定式が提案されてきた。本研究では、それらの中でも基本的モデルである並列モデルと直列モデルを用い、コンクリートをモルタル・粗骨材・空気の3要素から構成されるものとして、**Fig.3**に示す簡便な複合則理論モデルを考えた。なお、各要素は乱数を用いて配列し、その要素数は推定結果のバラツキを試算した上で80x80要素とした。**Fig.3**のようなモデル化を行うと、材齢に応じて引張ヤング係数が変化するのはモルタル要素のみであり、ここに式(1)を用いることで、材齢とともに変化する若材齢コンクリートの引張ヤング係数を推定することが可能となる。さらに、粗骨材要素に用いる粗骨材のヤング係数を代入すれば、様々なコンクリートの引張ヤング係数を推定できるものと思われる。

その一例として引張ヤング係数の推定結果と既報¹⁾⁻³⁾の実験結果の比較を**Fig.4**に示す。この比較結果より、本研究で提案する推定方法は、概ね適切に引張ヤング係数を予測できることがわかる。この結果を踏まえ、水セメント比(W/C)や粗骨材量をパラメータとし、コンクリートの引張ヤング係数を求めた。推定結果の一例として、引張ヤング係数比(コンクリート/粗骨材)を**Fig.5**に示す。なお、標準的な粗骨材の実積率60%と考え、それ以上については破線で示している。材齢に応じて引張ヤング係数比は大きくなっているが、その増加割合は徐々に小さくなっていることがわかる。

4. まとめ

本研究の成果を以下にまとめて列挙する。

- (1) モルタルの引張ヤング係数は、セメント水比に対し強い線形性を示し、その回帰直線の勾配は材齢によらず一定である。この結果を基に、若材齢モルタルの引張ヤング係数推定式を求めた。
- (2) 並列・直列モデルから構成される簡便な複合則理論モデルを考案した。このモデルに(1)で求めたモルタルならびに粗骨材等の引張ヤング係数を入力することで、コンクリートの引張ヤング係数を推定できる。

参考文献：

- 1) 吉武 勇, 石川慶典, 河野博幸, 三村陽一：若材齢コンクリートの引張ヤング係数について, 土木学会論文集 E, Vol.63, No.4, pp.677-688, 2007.12.
- 2) 青木優介, 平野雄大, 鈴木孝治, 嶋野慶次：直接引張試験で測定したコンクリートの引張ヤング係数と引張強度, コンクリート工学年次論文集, Vol.29, No.1, pp.531-536, 2007.
- 3) Xie, N. and Liu, W. "Determining tensile properties of mass concrete by direct tensile test", *ACI Material Journal*, Vol.86, No.3, 214-219, 1989.

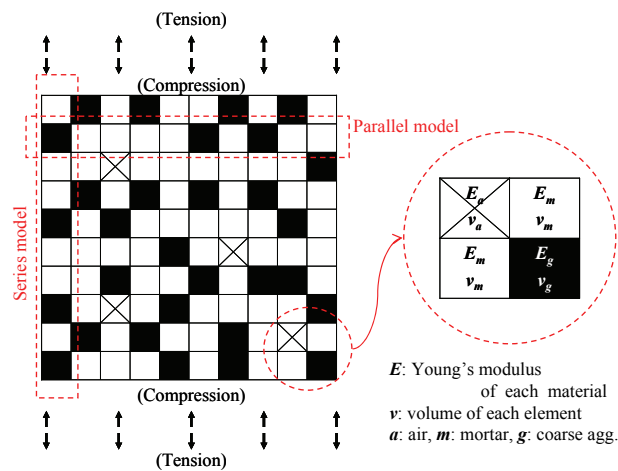


Fig.3 Simplified composite model

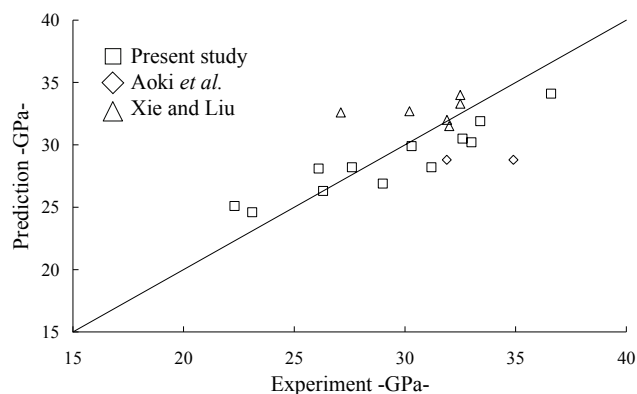


Fig.4 Comparison of experiments and predictions

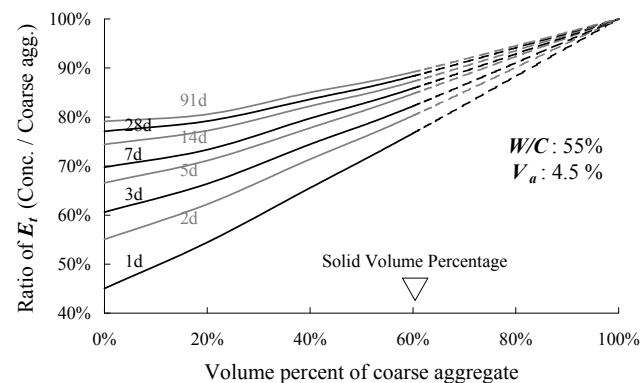


Fig.5 Prediction results of E_t
(W/C:55%, Air:4.5%, E_g :36GPa)