

引張ヤング係数の推定に用いる応力・ひずみレベルの検討

山口大学大学院 学生会員 ○山田 浩司
 呉工業高等専門学校 正会員 三村 陽一
 山口大学大学院 正会員 吉武 勇

1. はじめに

若材齢期のコンクリートの体積変化に伴うひび割れは、構造物の耐荷性能や耐久性の低下などを招くおそれがあるため、その初期ひび割れを制御・抑制する必要がある。コンクリートのひび割れは引張応力に起因するため、引張応力を正確に算定することが重要である。ヤング係数は、計測や解析から得られるひずみを応力に換算する際に必要となり、応力算定の精度に直接的に影響するものである。適切な引張応力の算定には引張ヤング係数が必要であるが、それを得るための引張実験が困難であることから、圧縮実験によって得られる圧縮ヤング係数(割線係数)が引張ヤング係数と区別されずに用いられている。ここで著者らの研究¹⁾において、引張実験と同等の応力レベルによって算定した圧縮ヤング係数(線形係数)が割線係数よりも大きくなることを報告している。しかしながら、引張実験はその実験装置が特殊であることなどから、種々の材齢におけるデータを取ることが困難である。

そこで、本研究では普通コンクリートおよびフライアッシュ(FA)をセメント質量20%内割置換したFAコンクリートを用いて、線形係数を算定する際の応力・ひずみとヤング係数の関連性について実験的検討を試みた。

2. 実験方法

本研究における普通コンクリートおよびFAコンクリートの配合を表-1に示す。本研究では引張実験において特殊な形状のドッグボーン供試体を用い、割裂引張実験および圧縮実験では直径100mm×高さ200mmの一般的な円柱供試体を用いた。供試体両側面の対角線上に検長60mmのひずみゲージを、軸方向に2枚貼付し、両者の平均をひずみの計測値とした。引張実験および圧縮実験では、ひずみ 10×10^{-6} 増を目安として、載荷・除荷を繰返ししながらひずみと荷重を記録した。このような載荷方法としたのは、ヤング係数を正確に評価するにあたり非弾性ひずみの影響をできるだけ小さくするためである。引張実験ではドッグボーン供試体が破断するまで、圧縮実験では両側面で計測するひずみのどちらかが 100×10^{-6} に達するとともに、載荷応力が割裂引張強度に達するまで載荷した。圧縮実験では、JIS A 1149に準拠した載荷方法でも、同一の供試体を用いて圧縮実験を行った。載荷速度を毎秒 0.4 N/mm^2 とし、荷重10kN増を目安にひずみと荷重を記録し、供試体が破壊するまで載荷した。ひずみが 50×10^{-6} の点と圧縮強度の1/3となる点との割線の傾きから、割線係数を算定した。圧縮実験および割裂引張強度実験(JIS A 1113に準拠)を行った材齢を、普通コンクリートでは3*, 7, 10, 14, 17*, 28*日、FAコンクリートでは3, 5, 7*, 10, 14, 17, 21*, 28*日とし、各材齢の実験につき3体の供試体を使用した。また、これらの試験材齢のうち、*を付した材齢において引張実験を行った。なお各材齢の引張実験で使用したドッグボーン供試体は1体である。

表-1 コンクリートの配合

			普通 コンクリート	FA コンクリート
水結合材比 W/B*			55.0%	55.0%
FA 置換率(内割置換)				20%
単位量 (kg/m ³)	W	上水道水	165	165
	C	OPC	300	240
	FA	JIS II 種相当品		60
	S	砕砂	844	825
	G ₁	砕石 2015	499	497
	G ₂	砕石 1505	499	497
	Ad ₁	AE 減水剤	3.00	2.40
	Ad ₂	AE 助剤		16.8

*B=C+FA

キーワード 若材齢, 初期ひび割れ, フライアッシュ, 線形係数, 応力・ひずみレベル

連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1 TEL:0836-85-9306

3. 結果と考察

本実験で得られた応力-ひずみ関係(材齢3日)を図-1に例示する。普通コンクリート, FA コンクリートともに応力とひずみは概ね線形関係を示したことから, これらの応力-ひずみ関係を線形回帰し, その傾きから線形係数を求めた。著者らの研究¹⁾では, 線形係数の算定に用いる応力やひずみのレベル(範囲)を, 引張実験と同等としていた。ここで, 本研究で行った引張実験は規格化されたものではなく, その実験装置も特殊であることから, 種々の材齢や配合におけるデータ収集が困難である。そのため, 本研究では応力を割裂引張強度相当とした場合, ひずみが 100×10^{-6} に達するまでとした場合についても線形係数を算定し, 線形係数算定に使用する応力・ひずみレベルの差が線形係数におよぼす影響を検討した。なお, ひずみレベルを 100×10^{-6} とした場合では, 供試体の両側面で計測したひずみの一方が 100×10^{-6} に達したときのものである。圧縮実験によって得られた割線係数および線形係数を図-2に示す。図-2により, すべての材齢において, 線形係数は割線係数を上回ることがわかる。また, それぞれの応力・ひずみレベルで算定した線形係数は, 普通コンクリートおよびFA コンクリートで, 3 ケース間の線形係数の差異は1~6%であった。これは, 本研究で検討した応力やひずみの範囲内では, 応力-ひずみ関係が高い線形性を示したためである。

上述のように, 検討した範囲内では応力-ひずみ関係の線形性が高かったことから, JIS に準拠した圧縮実験で得られた応力-ひずみ関係を式(1)に示す3次式によって回帰し, その初期接線勾配(初期接線係数)を算定し線形係数と比較した。なお, 式(1)に示す係数 c は, 応力-ひずみ関係のうち, ひずみが限りなく0に近づいた場合のヤング係数(初期接線係数)に概ね相当する。

$$\sigma = a\varepsilon^3 + b\varepsilon^2 + c\varepsilon \quad (1)$$

ここに, σ : 応力(N/mm²), ε : ひずみ($\times 10^{-6}$), a, b, c : 係数を表す。

図-3の係数 c と線形係数の関係に示すように, 一部の結果を除いて, 普通コンクリートおよびFA コンクリートの係数 c は各線形係数の $\pm 10\%$ の範囲内であった。このことから, 初期ひび割れ予測に用いるヤング係数は, 一般的に使用される割線係数よりも, 初期接線係数に相当する係数 c を用いることが適当と考えられる。

4. まとめ

- (1) 普通コンクリートおよびFA コンクリートにおいて, 本研究で検討した範囲内の線形係数の差異は1~6%であり, いずれの材齢でも各線形係数は同等であった。
- (2) 応力-ひずみ関係を3次式で表した時の回帰係数 c は, 初期接線係数に相当し, これを初期ひび割れ予測のための引張ヤング係数として用いることが適当と考えられる。

参考文献

- 1) 山田浩司, 三村陽一, 堀口 至: 初期ひび割れ予測に用いるヤング係数の実験的検討, 第68回土木学会中国支部研究発表会概要集, 2016。

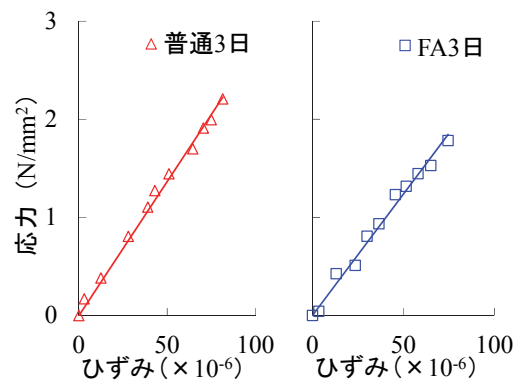


図-1 応力-ひずみ関係の例

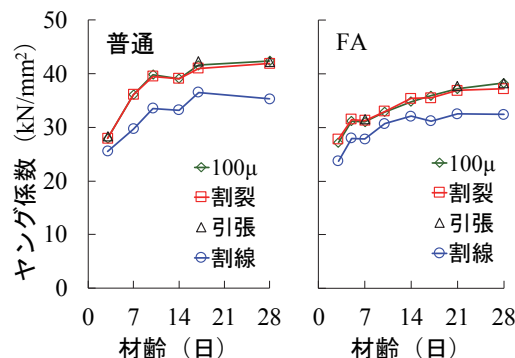


図-2 ヤング係数の経時変化

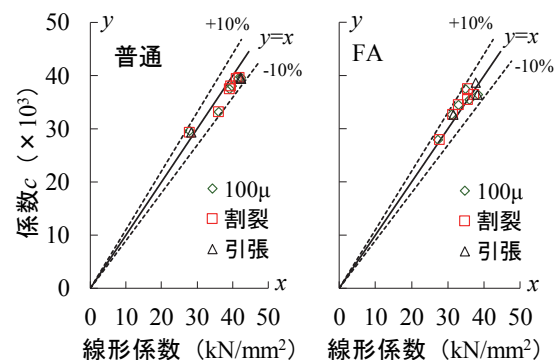


図-3 係数 c と線形係数の関係