

極若材齢における UFC の圧縮強度およびヤング係数の経時変化に関する研究

大成建設 生産技術開発部 正会員 ○川口 哲生
 大成建設 生産技術開発部 正会員 吉本 宏和
 大成建設 生産技術開発部 正会員 武者 浩透
 大成建設 生産技術開発部 正会員 武田 均

1. はじめに

超高強度繊維補強コンクリート(以降, UFC と表記)は, 所定の強度特性, 耐久性を発揮させるために, 熱養生を実施する必要がある, コンクリート二次製品としての使用にほぼ限定されているのが現状である. 熱養生を省略することができれば, より合理的な使用が可能になると考えられるが, 脱型時期の設定, 温度応力の推定精度向上, 変形特性の推定などに必要となる極若材齢における強度特性の発現性は十分に明らかになってはいない. そこで, 本研究では, 極若材齢に着目して, 短繊維を混入していない UFC を対象に, 材齢 7 日までの圧縮強度, ヤング係数, ポアソン比の発現性に関する検討を行った.

2. 実験概要

2.1 示方配合と試験体製作

表-1 は示方配合, コンシステンシー試験および凝結試験結果を示したものである. 使用した材料は市販の UFC 用専用材料であり, これらは, UFC 指針¹⁾に準拠したものである. ここでは, フロー値(JIS R 5201, 0 打フロー)が $270 \pm 20 \text{ mm}$ の範囲となる様に, 高性能減水剤の添加量を設定した. 凝結試験(JIS A 1147)を行った結果, 始発は 15-22 (h-min)であった. また, 脱型が容易になるように, 鋼製型枠の内面にテフロンシートを貼り付け, UFC を打ち込んだ後, 雰囲気温度 20°C の恒温室にて封かん養生を行った.

2.2 極若材齢の試験方法

表-2 に, 試験材齢と試験体本数を示す. 材齢は注水時刻からの経過時間とし, 各材齢で, 圧縮強度 f_c' , ヤング係数 E_c , ポアソン比 γ を計測した. 図-1 に試験方法の概要を示す. 試験体は $\phi 100 \times 200 \text{ mm}$ の円柱供試体であり谷らが実施した研究²⁾を参考に, コンプレッソメータ, エクステンソメータを試験体に取り付け計測を行った. 材齢 16 時間~24 時間では, インストロン型万能試験機により, 変位制御にて載荷を行った. ここでは若材齢であるため, 載荷速度は 0.1 mm/min. とし, 試験体数は各材齢当り 1 体である. また, 材齢 2 日~7 日については, JIS A 1149 に準じて試験を行った.

3. 実験結果

表-3 に試験結果の一覧を示す. 同表に示す様に, 圧縮強度は, 材齢 7 日で 115 N/mm^2 となった. 材齢 15.8 時間においては, コンプレッソメータによる計測ができなかったため, 圧縮強度のみ計測を行った. 図-2 にヤング係数と圧縮強度の関係を示す. 同図(a)は全材齢, 同図(b) は圧縮強度 12 N/mm^2 以下の範囲を示している. ここで, 同図(a)に

表-1 示方配合, コンシステンシー試験および凝結試験結果

単位量(kg/m^3)				コンシステンシー	凝結試験結果	
水	UFC 専用プレミクス	UFC 専用細骨材	UFC 専用高性能減水剤	フロー値(JIS R 5201)(mm)	始発(H-min)	終結(H-min)
180	1278	934	16	281	15-22	17-01

表-2 試験材齢と試験体本数

試験材齢	試験体本数	
	万能試験機による変位制御(0.1 mm/min.)	JIS A 1149
16 時間	n = 1	—
17 時間	n = 1	—
18 時間	n = 1	—
19 時間	n = 1	—
20 時間	n = 1	—
21 時間	n = 1	—
22 時間	n = 1	—
23 時間	n = 1	—
24 時間	n = 1	—
2 日	—	n = 3
5 日	—	n = 3
7 日	—	n = 3

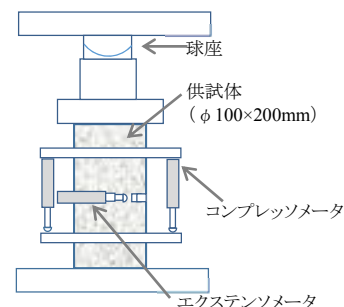


図-1 試験方法の概要

キーワード 極若材齢, 圧縮強度, ヤング係数, 経時変化, 凝結

連絡先 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設 技術センター TEL045-814-7229

は、式(1)に示される土木学会による算定式³⁾を併記した。ただし、本式は極若材齢を対象としたものではないが、比較のために併記した。

$$E_c = 4700 \times f_c'^{0.5} \quad \dots(1)$$

同図(a)において、圧縮強度が 63.8N/mm² 以上では、実験結果と式(1)は、概ね一致していることが分かる。ただし、圧縮強度 7.52N/mm² 以下では、両者は明確に異なった。そこで、同図(b)に示す範囲に着目すると、圧縮強度が 7.52N/mm² 以下の範囲では、ヤング係数と圧縮強度は概ね比例する傾向があるが、圧縮強度が 7.52N/mm² 以上になると、ヤング係数は指数関数的に増大していることが分かる。

$$E_c = 0.004 \times \exp(7.09 \times f_c') \quad \dots(2)$$

同図(b)には、式(1)に加えて、臼井⁴⁾らが定めたヤング係数と圧縮強度の回帰式(式(2))を併記した。本式は従来のコンクリートの極若材齢(圧縮強度：

0.75 N/mm² 以下)を対象に定めたものであるが、本実験結果とは、その傾向は大きく異なり、ヤング係数の発現性が大きく異なることが分かる。

図-3 は、ポアソン比と圧縮強度の関係を示したものである。同図には、式(3)に示す五十嵐らが提案しているポアソン比と圧縮強度の関係式⁵⁾を併記した。本式は、従来のコンクリートを対象としており、W/C40～55%における実験結果より定められた回帰式である。

$$\gamma = 0.5 - 0.276 / \exp\{1.5 \times (1.6 / f_c')^{0.7}\} \quad \dots(3)$$

同図と表-3 より、圧縮強度が 4.62N/mm² を下回ると、ポアソン比は、式(3)と概ね同等の値になることがわかる。しかし、圧縮強度が 5.35N/mm² を上回ると、ポアソン比は一定の値に漸近する傾向は示すものの、式(3)による算定結果を下回っており、ポアソン比の発現性は式(3)と大きく異なることが分かる。

4. まとめ

UFC を対象に、極若材齢における圧縮強度の経時変化、ヤング係数と圧縮強度の関係、ポアソン比と圧縮強度の関係を把握することができた。ヤング係数の発現性とポアソン比の発現性は、従来のコンクリートを対象とした算定式と大きく異なる傾向を示すことが分かった。

参考文献

- (1) 土木学会:超高強度繊維補強コンクリートの設計・施工指針(案), コンクリートライブラリーNo.113, 2004.9. (2) 谷 ほか:硬化過程で変形を受けるコンクリートの強度・変形特性に関する実験, 土木学会年次学術講演会講演概要集, vol.60, V-352, pp.703-704, 2016. (3) 土木学会:2002 年度制定, コンクリート標準示方書[施工編], pp.52-53, 2002. (4) 臼井 ほか:コンクリートの極若材齢時におけるコンクリートのヤング係数の経時変化, 土木学会年次学術講演会講演概要集, vol.71, V-272, pp.543-544, 2016. (5) 五十嵐 ほか:セメント硬化体の若材齢時におけるポアソン比の経時変化, コンクリート工学年次論文集, Vol.32, No.1, pp281-286, 2010.

表-3 試験結果一覧

材齢	圧縮強度 f_c' (N/mm ²)	ヤング係数 E_c (kN/mm ²)	ポアソン比 γ
15.8 (時間)	0.59	—	—
16.8 (時間)	0.89	0.03	0.39
17.8 (時間)	1.56	0.02	0.41
18.8 (時間)	1.82	0.09	0.36
19.8 (時間)	3.42	0.24	0.33
20.6 (時間)	4.62	0.51	0.33
21.5 (時間)	5.35	0.61	0.22
22.7 (時間)	7.52	0.99	0.22
24.1 (時間)	10.3	6.80	0.23
2 (日)	63.8	36.4	0.18
5 (日)	105	43.3	0.15
7 (日)	115	46.0	0.16

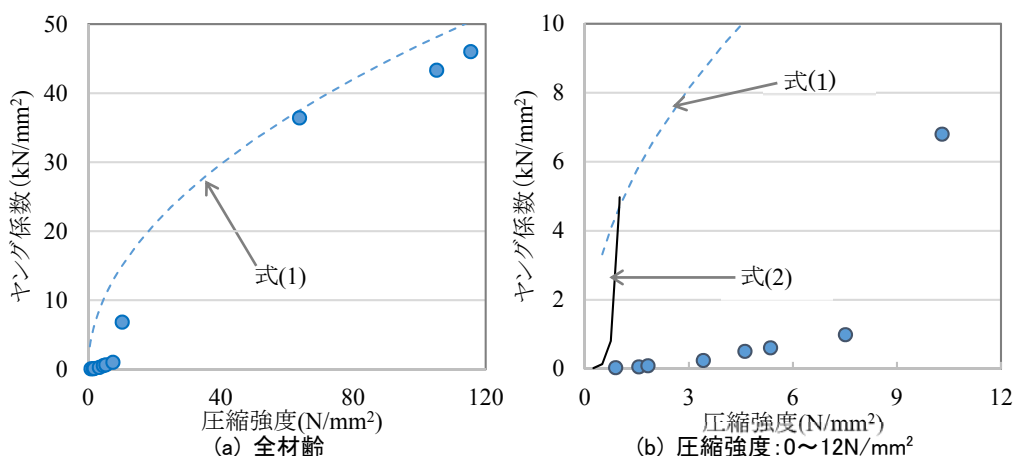


図-2 ヤング係数と圧縮強度の関係

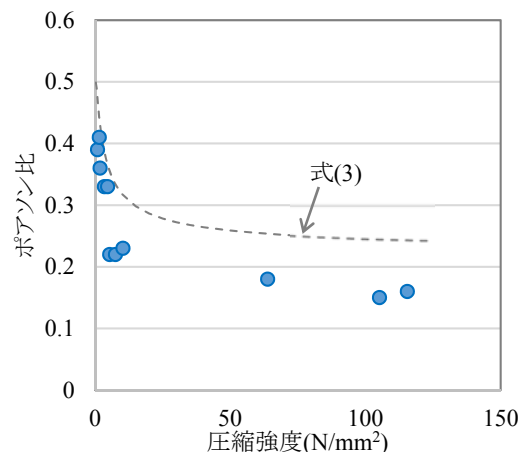


図-3 ポアソン比と圧縮強度の関係