

超高強度材の極若材齢における圧縮強度とヤング係数の発現性に関する研究

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 武田 均

1. はじめに

超高強度材の極若材齢における圧縮強度とヤング係数の発現性を明らかにするため、超高強度繊維補強コンクリートのマトリクス(以降、RPC と表記)と急結剤を添加した超高強度コンクリートを対象に、ヤング係数と圧縮強度の関係について検討を行った。その結果、一般のコンクリートを対象に定められた推定式と特に若材齢時において大きく異なる傾向を示すことが分かった。

2. 実験概要

2.1 示方配合と試験体の製作方法

表-1 に、実験に用いた RPC の示方配合を示す。使用した RPC は、市販されている超高強度繊維補強コンクリート用の材料を用いて製作した。また、フロー値(JIS R 5201, 0 打フロー)が $270\pm20\text{mm}$ の範囲となる様に、高性能減水剤量を設定した。試験体の製作では、若材齢における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、RPC を打ち込んだ後、試験に供するまで雰囲気温度 20°C の恒温室内にて封かん養生を行った。表-2 に急結剤を添加した超高強度コンクリートの示方配合を示す。ここでは、 $W/P=17\%$ 、 $s/a=60\%$ 、スランプフローが 800mm となる様に配合を設定し、急結剤の添加量は(粉体量) $\times 2.8\text{ wt.}\%$ とした。

2.2 極若材齢の試験方法

計測項目は圧縮強度 f'_c とヤング係数 E_c とした。RPC では、注水後 $16\sim24\text{h}$ 、2 日、5 日、7 日で計測を行い、急結剤を添加した超高強度コンクリートでは、注水後 $3\sim24\text{h}$ 、7 日で計測を行った。図-1 に試験方法の概要を示す。試験体は $\phi 100\times 200\text{mm}$ の円柱供試験体であり、コンプレッソメータ、エクステンソメータにより計測を行った。RPC の材齢 $16\sim22\text{h}$ における計測では、インストロン型万能試験機により変位制御にて载荷を行った。载荷は速度 0.1mm/min の変位制御で実施した。試験体数は各材齢 1 体とした。また、RPC における 24h 以降の材齢と急結剤を添加した超高強度コンクリートは、JIS A1149 に準じ、アムスラー型試験機を用いて载荷速度 $0.6\pm0.4\text{ N/mm}^2/\text{s}$ の荷重制御で载荷を行った。試験体数は各材齢 3 体とした。

3. 実験結果と考察

3.1 極若材齢の応力-ひずみ関係

図-2 に圧縮応力-ひずみ関係を示す。図に示したように、RPC の材齢 24h および急結剤を用いたケースでは、一般のコンクリートと同様の応力ひずみ関係となった。一方、初期材齢($17\sim22\text{h}$)における RPC の応力ひずみ関係は、一般のコンクリートと異なっており、土や粘度の関係に近いものと考えられた。特に、材齢 $17\sim19\text{h}$ の応力とひずみの関係では、低応力範囲の比較的

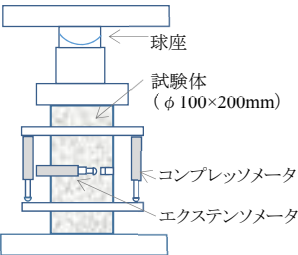


図-1 試験方法の概要

表-1 示方配合(RPC)

単位量(kg/m³)				フロー値 (JIS R 5201) (mm)
水	UFC 専用 プレミクス	UFC 専用 細骨材	UFC 専用 高性能 減水剤	
180	1278	934	16	281

表-2 示方配合(急結剤を添加した超高強度コンクリート)

単位量 (kg/m³)					急結剤 (粉体量×%)	スランプフロー (JIS A 1150) (mm)	空気量 (%) JIS A 1128
水	セメント + 混和 材	細骨材	粗骨材	高性能 減水剤			
190	1118	693	462	13.4	2.8	792	2.3

キーワード 極若材齢、圧縮強度、ヤング係数、経時変化、超高強度

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 TEL045-814-7219

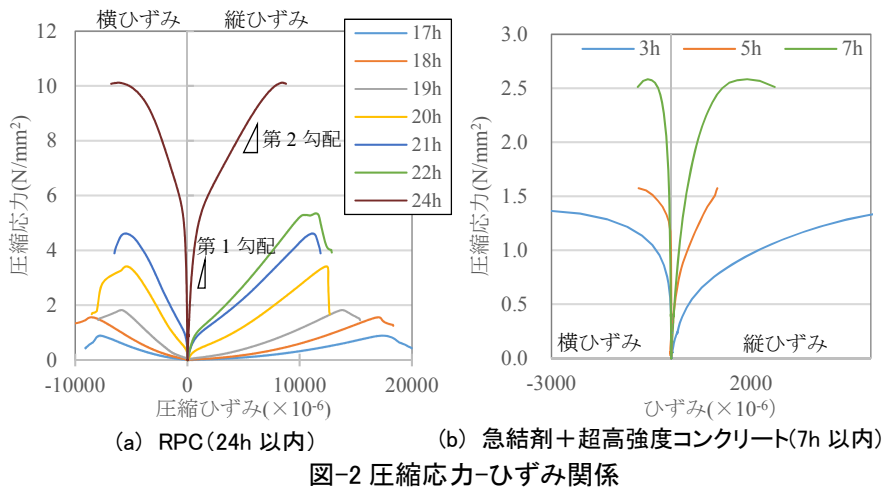


図-2 圧縮応力-ひずみ関係

表-3 試験結果一覧(RPC)

材齢	f'_c (N/mm²)	ヤング係数 E_c (kN/mm²)		ポアソン比
		第1 勾配	第2 勾配	
16 h	0.59	-	-	-
17 h	0.89	0.03	0.09	0.39
18 h	1.56	0.02	0.15	0.41
19 h	1.82	0.09	0.19	0.36
20 h	3.42	0.24	0.32	0.33
21 h	4.62	0.51	0.41	0.33
22 h	5.35	0.61	0.51	0.22
24 h	10.3	6.80	0.69	0.23
2 日	63.8	36.4	*	0.18
5 日	105	43.3	*	0.15
7 日	115	46.0	*	0.16

*第2 勾配評価せず

表-4 試験結果一覧
(急結剤を添加した超高強度コンクリート)

材齢	f'_c (N/mm²)	ヤング係数 E_c (kN/mm²) 割線弾性係数 JIS A 1149	ポアソン比
3 h	1.37	1.07	0.01
5 h	1.57	0.98	0.10
7 h	2.58	2.28	0.15
24 hr.	27.2	14.5	0.13
7 日	79.3	27.9	計測せず

急な勾配域(弾性域)が観察されず、材齢 20~22h では、僅かに弾性域が現れることが分かった。そのため、図-2(a)および表-3 に示したように、低ひずみ域における勾配を第 1 勾配(JIS の割線弾性係数として算出)、その後現れる勾配を第 2 勾配としてデータを整理した。表に示したように、極若材齢時の第 1 勾配はかなり小さく評価される。また、20~22h の応力ひずみ関係に対して JIS A 1149 に従い割線弾性係数を算出する場合、圧縮強度の 1/3 となる点が線形挙動を示さない領域に存在することとなった。したがって、後述の 3.2 節では材齢 17~22h は第 2 勾配、材齢 24h 以降は第 1 勾配をヤング係数として検討した(表-3 に太線下線で示した)。なお、急結剤を添加したケースについては、表-4 に示した JIS の割線弾性係数をヤング係数として検討した。

3.2 強度とヤング係数の発現性

図-3 に圧縮強度比と材齢の関係を示す。圧縮強度比は材齢 7 日の圧縮強度に対する比である。RPC の圧縮強度は、材齢 16h 以降徐々に発現した。また、急結剤を添加した超高強度コンクリートでは、材齢 3h で RPC の 18h 相当程度の強度が発現し、材齢 24h では材齢 7 日強度の 35%程度の強度が発現した。材齢 2 日以降では、RPC に類似した傾向を示しており、急結剤の添加により 24h までの強度発現が促進されたことがわかる。図-4 に材齢 24h 以内におけるヤング係数と圧縮強度の関係を示す。ここでは、一般のコンクリートにおける関係(クリープの影響を考慮するための低減係数:0.65)¹⁾、若材齢を対象に調査された関係²⁾を併記した。同図より、RPC、急結剤を添加した超高強度コンクリートともに、若材齢時において一般のコンクリートと比較して圧縮強度に対するヤング係数が小さい傾向がある。これは粗骨材量が少ないことやマトリクス構成材料が異なることの影響と考えられるが、今後、検討が必要と考える。

4. まとめ

RPC と急結材を添加した超高強度コンクリートを対象に、極若材齢における圧縮強度とヤング係数の発現性を明らかにした。また、急結剤を添加した超高強度コンクリートのヤング係数と圧縮強度の関係を明らかにした。

参考文献 1)土木学会:2017 年度制定,コンクリート標準示方書[設計編], 2017.

2) 白井ほか: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.

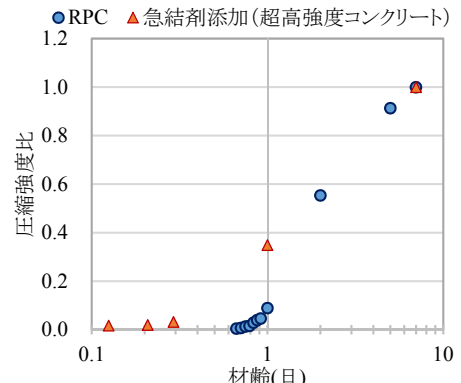


図-3 圧縮強度比と材齢の関係

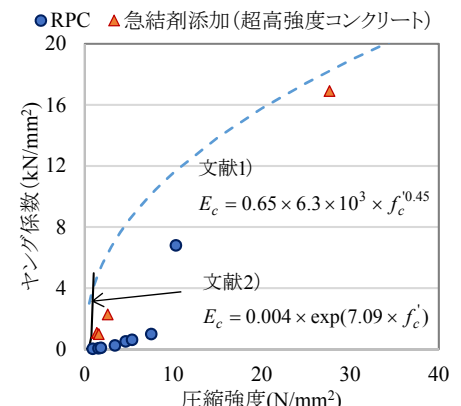


図-4 ヤング係数と圧縮強度の関係
(24H 以内)