

低温環境下の常温硬化型超高強度繊維補強コンクリートの強度発現性

宇部興産(株) 正会員 ○桐山 宏和 宇部興産(株) 正会員 玉滝 浩司

宇部興産(株) 正会員 大西 利勝 宇部興産(株) 正会員 吉田浩一郎

(株)大林組 正会員 石関 嘉一 (株)大林組 正会員 平田 隆祥

1. はじめに

常温環境下でも早期に高強度が得られる超高強度繊維補強コンクリート¹⁾ (以下、常温硬化型 UFC) は、工場の製造以外に現場施工も目指している。現場施工された常温硬化型 UFC の強度発現は、施工環境の影響を受けるため、施工条件に適した養生方法を選択する必要がある。そこで、本報告では、低温環境を中心に、養生方法が異なる常温硬化型 UFC の強度発現を調査するとともに、等価材齢による圧縮強度の推定を試みた。

2. 実験概要

2.1 使用材料

使用材料は、水、ポゾラン質微粉末等を含むプレミックス材 (以下、プレミックス)、高強度材料に適した細骨材、ポリカルボン酸系の高性能減水剤、および鋼繊維 (直径 0.16mm、長さ 13mm、張力 2000N/mm² 以上) とした。

2.2 配合および製造

常温硬化型 UFC の配合を表-1 に示す。練混ぜは、容量 55L の水平二軸形強制練りミキサを使用し、1 回の練混ぜ量を 50L とした。プレミックスと細骨材を投入し 30 秒空練りした後、水および高性能減水剤を投入し 10 分間練り混ぜ、鋼繊維を投入し更に 2 分練り混ぜてから排出した。

2.3 試験方法

実部材を想定した模擬試験体を作製し、所定材齢ごとにコア供試体 (φ50×100mm) を 3 本採取し、圧縮強度試験 (JIS A 1107 に準拠) を実施した。模擬試験体の寸法は 700×700mm、厚さ 100mm の平板とし、木製の型枠を用いて作製した。型枠の側面は発泡ポリスチレン (厚さ 5cm) で断熱した。常温硬化型 UFC の練混ぜおよび養生中の環境条件は 10℃、20℃および屋外 (練混ぜ時: 10.8℃、養生期間平均気温: 14.9℃) とした。養生方法の種類を表-2 に、試験水準を表-3 に示す。10℃環境の養生方法は、保温性能の異なる種々の養生材を用いて比較検討した。

3. 実験結果

3.1 模擬試験体の温度

養生中における各模擬試験体の中心部の最高温度を表-4 に示す。また、模擬試験体の中心部の温度推移を図-1 に示す。打込み後、材齢 1 日付近で最高温度に達していることが分かる。また、保温ⅢおよびⅣの養生方法では、低温環境下においても、水和熱により 60℃以上となった。

表-1 常温硬化型 UFC の配合

W/B (%)	単位量(kg/m ³)				鋼繊維 (vol%)
	水	プレミックス	細骨材	高性能減水剤	
15.5	230*	1830	330	32	2.0

* : 高性能減水剤の水分を含む

表-2 試験体の養生方法

湿潤	打込み後翌日から 5 日間湿布したシート
保温Ⅰ	気泡緩衝材を 2 重
保温Ⅱ	気泡緩衝材を 3 重
保温Ⅲ	発泡ポリエチレン (厚さ 10mm)
保温Ⅳ	発泡ポリスチレン (厚さ 40mm)

- ・保温Ⅰ～Ⅳの保温材は、打込み面および型枠下面に貼付けた
- ・保温養生は材齢 7 日までとした
- ・全ての試験体は材齢 7 日で脱型し気中養生とした

表-3 試験水準

No.	環境条件	養生方法	試験体の厚さ(mm)
1	10℃環境	湿潤	100
2		シート	100
3		保温Ⅰ	100
4		保温Ⅱ	100
5		保温Ⅲ	100
6*		保温Ⅳ	100
7	20℃環境	シート	100
8		保温Ⅰ	100
9	屋外	シート	100
10		保温Ⅰ	100

試験材齢は: 7, 28, 56, 91, 182 日 (但し*は、7, 28, 56 日とした)

キーワード 超高強度繊維補強コンクリート、低温環境、等価材齢、圧縮強度

連絡先 〒755-8633 山口県宇部市大字小串字沖の山 1-6 宇部興産(株) 技術開発研究所 TEL0836-22-6157

表-4 模擬試験体の最高温度

No.	(°C)	No.	(°C)
1	29.0	6	74.7
2	38.4	7	59.0
3	38.8	8	55.6
4	44.4	9	38.1
5	62.1	10	45.1

3.2 圧縮強度

コア供試体の圧縮強度の推移を図-2に示す。いずれの環境温度においても、長期材齢の圧縮強度は190~220N/mm²に達したが、低温環境の場合、圧縮強度の発現が遅くなる傾向であった。

環境温度10℃の場合、試験水準No.1~4は、最高温度が低く、他の水準と比較して強度の発現が遅くなった。また、最高温度が60℃以上得られたNo.5およびNo.6については、材齢初期に高強度が得られた。屋外環境では、平均温度は20℃以下で、最高温度は低かったが、気温上昇による養生温度の増加により長期強度は環境温度20℃の場合と同程度となった。

以上の結果によれば、低温環境下においても、養生材を選定することにより、早期に高強度が得られることが分かった。

試験水準No.1~10における等価材齢と圧縮強度との関係を図-3に示す。なお、等価材齢の算出には、既往の研究²⁾で推定した見掛けの活性化エネルギーを用いた。等価材齢を用いることで、既往の研究と同様に、低温環境下や外気温のように温度が変動するような場合にも、養生方法に係らず、圧縮強度を精度よく推定できることが分かった。

4. まとめ

常温硬化型UFCは、低温環境の場合、圧縮強度の発現が遅くなる傾向にあるが、適切な養生材を用いることで、給熱養生を施さずに早期に高強度が得られることが分かった。また、等価材齢による整理によって、種々の温度履歴を受けた場合の圧縮強度の予測が可能であることが分かった。

参考文献

- 1) 丸屋英二, 歳谷一雄, 高橋俊之, 平田隆祥: 超高強度繊維補強コンクリートの流動性及び強度に及ぼすセメントの鉱物組成の影響, 第66回年次学術講演会講演概要集, vol.66, V-497, pp.993-994, 2011
- 2) 桐山宏和, 丸屋英二, 大西利勝, 平田隆祥: 等価材齢を用いた超高強度繊維補強コンクリートの強度発現性評価, コンクリート工学年次論文集, Vol.34, 2012

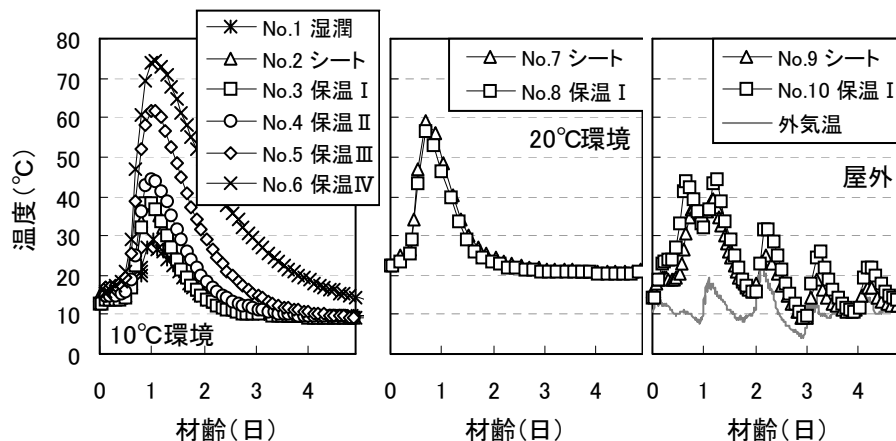


図-1 模擬試験体の温度の推移

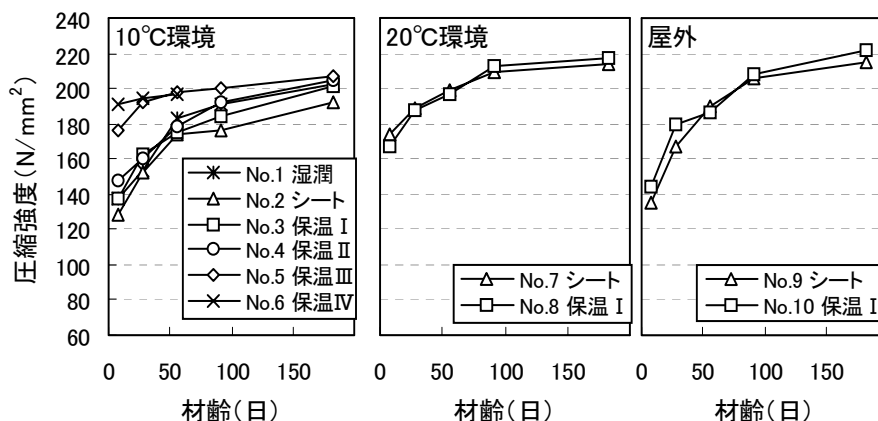
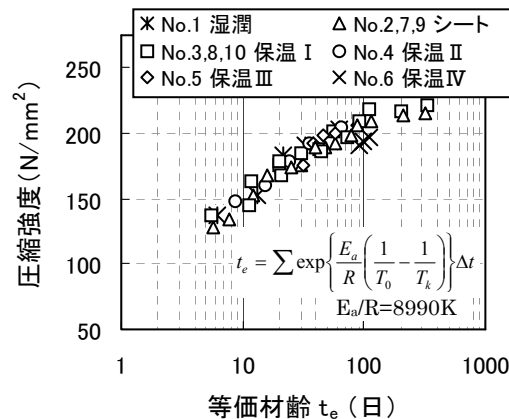


図-2 コア供試体の圧縮強度



ここで、 E_a : みかけの活性化エネルギー(kJ/mol)
 R : 気体定数(8.31J/mol/K), T_0 : 基準温度(293K)
 T_k : 供試体温度(K), Δt : T_k を維持する期間(日)

図-3 等価材齢と圧縮強度