

促進劣化による HPFRCC の物性変化

Changes in physical properties of HPFRCC by accelerated weathering

○土屋拓万^{*}, 長束 勇^{**}, 森 充広^{***}, 上野和広^{***}

TSUCHIYA Takuma^{*}, NATSUKA Isamu^{**}, MORI Mitsuhiro^{***}, and UENO Kazuhiro^{***}

1. はじめに

老朽化が生じた農業水利施設の補修工法の一つとして、表面被覆工法が挙げられる。表面被覆工法を採用する上で重要となるのは、材料の選択である。本報告ではセメントに有機系短繊維を混入した複数微細ひび割れ型繊維補強セメント複合材料 (High Performance Fiber Reinforced Cementitious Composites; 以下 HPFRCC) に注目した。HPFRCC はひび割れ発生後、有機系短繊維がひび割れ間を架橋し、コンクリートでは脆性破壊となる状況下でも、優れた変形性能を発揮して脆性的な破壊を防ぐ特長を有する。しかし、使用されている繊維が有機系材料であるため、屋外に曝された場合には紫外線によって劣化が生じる可能性が高いと考えられる。

促進耐候性試験により HPFRCC の紫外線劣化について検討した既往の報告 (陳ら, 2008) によると、紫外線による繊維の劣化だけでなく、試験中および養生中にセメントの未反応部分が徐々に反応し、セメントと繊維の付着力が増加したことも一因として考えられた。そこで、促進耐候性試験後の供試体および養生時間が異なる供試体を使用した引張試験を行い、HPFRCC の物性変化特性を調べた。

2. 実験概要

試験には、長さ 120 mm、厚さ 12 mm のダンベル型供試体を用い、促進耐候性試験を開始する前に、予め曲げ載荷により供試体にひび割れを導入した。促進耐候性試験前に引張試験 (載

荷速度: 0.5mm/min) を実施し、促進劣化前の供試体の初期物性値を測定した。供試体を劣化促進試験機 (試験機内温度 約 40) に入れ、キセノンランプ法で紫外線を放射し、劣化を促進させた (JIS K 5600-7-7 に準拠)。供試体は 250h 後、500h 後にサンプリングし、それぞれ 5 体ずつ引張試験を実施した。

一方、養生時間の相違の影響に関しては、促進耐候性試験と同様の供試体を使用し、ひび割れ導入後、水槽 (水温 20) に静置し、水中養生を行った。水中養生約 2 ヶ月後および水中養生約 5 ヶ月後に供試体を 5 体ずつサンプリングし、促進耐候性試験と同様に引張試験を行った。

なお、HPFRCC の養生による物性変化の影響度合の検討には、コンクリートの強度推定の際に使用される積算温度の概念を導入した。すなわち、ひび割れ導入後の水中養生実時間および促進耐候性試験実時間とそれら設定温度から、次式 (杉山ら, 2000) により積算温度を算出し、積算温度を考慮した上で物性値を比較した。

$$M = \sum (\theta + 10) \Delta t$$

ここに、 M : 積算温度 (°C · h) , θ : Δt 時間中のコンクリート温度 (°C) , Δt : 時間 (h) , である。

3. 試験結果

表 1 および表 2 に、水中養生後および促進耐候性試験後の引張強度、引張終局ひずみ (引張

*島根大学大学院生物資源科学研究科, Graduate school of Life and Environmental Science, Shimane University,

**島根大学生物資源科学部, Faculty of Life and Environmental Science, Shimane University,

***独立行政法人農村工学研究所, National Institute for Rural Engineering

キ・ワ・ド: 複数微細ひび割れ型繊維補強セメント複合材料 (HPFRCC), ひび割れ分散性, 促進耐候性試験

強度の最終ピーク時のひずみ), 靱性度 (応力-ひずみ曲線下の起点から引張終局ひずみまでの面積であり, どれだけ粘り強く荷重に耐えられるかの度合) を示す. なお, 使用データは, 供試体長手方向の中央付近で破断した試験値を優先させた 3 供試体の値を平均することで求めた. 中央付近で破断した供試体が 3 体得られない場合は, 中央付近で破断したケースの平均値に近い供試体の試験値を選出して使用した. 表 1 に示すように, 養生時間の経過に伴い, 引張強度, 引張終局ひずみ, 靱性度は大きく低下した. これは水中養生中に, セメント未反応部分が水と反応することで繊維とセメントとの付着強度が上昇し, 繊維とセメントのすべりが減少したためと考えられる.

次に, 表 2 に示す促進耐候性試験結果をみると, 促進試験時間の経過に伴い, 引張強度, 引張終局ひずみ, 靱性度の低下がみられた. しかし, これは紫外線による劣化なのか, それとも養生による影響なのか明らかではない.

そこで, 表 3 に示す水中養生実時間および促進耐候性試験実時間より求めた積算温度を見ると, 試験 250 時間では 12,500 \cdot h, 試験 500 時間では 25,000 \cdot h となり, 水中養生約 2 ヶ月の 35,300 \cdot h より小さな値となった. すなわち, 試験時間 500 時間では, 水中養生 2 ヶ月ほど養生による繊維とセメントの付着強度の上昇は起きていないと考えられる. これは, 促進耐候性試験後の引張終局ひずみおよび靱性度が, 水中養生約 2 ヶ月の値よりも高いことから推察することができる. また, 試験時間 250 時間後の引張終局ひずみ, 靱性度がひび割れ導入直後の供試体の初期値と大幅な変化がないのは, 養生によって繊維とセメントの付着強度が上昇する前であったためと考えられる. さらに試験時間 250 時間から 500 時間にかけて引張終局ひずみ, 靱性度の低下が生じたのは, 水中養生約 2 ヶ月ほどではないものの, 繊維とセメントの

表 1 各水中養生時間後の HPCRCC の物性値
Properties of HPCRCC after each curing time

養生時間 (month)	0	2	5
引張強度(N/mm ²)	4.62	4.21	4.05
引張終局ひずみ	0.0379	0.0182	0.0217
靱性度(N/mm ²)	0.123	0.061	0.064

表 2 促進耐候性試験後の HPCRCC の物性値
Properties of HPCRCC after accelerated weathering test

試験時間 (h)	0	250	500
引張強度(N/mm ²)	4.62	3.87	3.86
引張終局ひずみ	0.0379	0.0367	0.0248
靱性度(N/mm ²)	0.123	0.118	0.071

表 3 積算温度の試算結果
Results of calculation on integrated temperature

実施方法	水中養生時間		促進耐候性試験	
	約 2 ヶ月	約 5 ヶ月	250h	500h
積算温度(\cdot h)	35,300	90,700	12,500	25,000

付着強度が徐々に上昇し, 繊維とセメントのすべりの減少が始まったためと考えられる.

以上より, 促進耐候性試験 500 時間では, 紫外線による繊維の劣化は生じておらず, 水とセメント未反応部分が反応することによる繊維とセメントとの付着強度の増加が, HPCRCC の物性に影響を与えたと考えられる.

4. まとめ

本報告では, HPCRCC の力学的特性の経年変化度合を促進耐候性試験より調べた. その結果, 水中養生および促進耐候性試験の経過に伴って, 繊維とセメントの付着力が上昇することを確認した.

参考文献

- 1) 陳 星, 長束 勇, 森 充広 (2008) : 高靱性繊維補強セメント複合材料 HPCRCC の促進耐候性試験, 平成 20 年度第 5 回土木学会中国支部島根会研究・事例報告会概要集, pp.31-32
- 2) 杉山 央, 榎田佳寛 (2000) : 積算温度方式を応用した初期高温履歴コンクリートの強度推定, 日本建築学会構造系論文集, 第 538 号 pp.21-28