

エポキシ樹脂により被覆された無機系短繊維 による補強コンクリートの耐久性に関する検討

大橋 英紀¹・守屋 健一²・田中 徹³・植木 徹⁴
仁平 達也⁵・笹田 航平⁶

¹正会員 戸田建設株式会社 技術研究所社会基盤再生部 (〒104-0032 東京都中央区八丁堀 2-9-1)
E-mail: hideki.oohashi@toda.co.jp

²正会員 戸田建設株式会社 技術研究所社会基盤再生部 (〒104-0032 東京都中央区八丁堀 2-9-1)
E-mail: kenichi.moriya@toda.co.jp

³正会員 戸田建設株式会社 技術研究所社会基盤再生部 (〒104-0032 東京都中央区八丁堀 2-9-1)
E-mail: tooru.tanaka@toda.co.jp

⁴正会員 有沢総業株式会社 技術部 (〒943-0122 上越市新保古新田 563)
E-mail: tueki@arisawa.co.jp

⁵正会員 鉄道総合技術研究所 構造物技術研究部
(〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38)
E-mail: nihei.tatsuya.87@rtri.or.jp

⁶正会員 鉄道総合技術研究所 構造物技術研究部 鋼・複合構造研究室
(〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38)
E-mail: sasada.kohei.00@rtri.or.jp

コンクリートのひび割れ発生抑制やはく離・はく落防止を目的とした鋼繊維や有機繊維の実用化が進んでいるが、今後、無機系の短繊維を実用化するためには、耐アルカリ性を向上させ、供用期間内の性能を推定する必要があると考える。そこで、本検討では、使用繊維を玄武岩由来のバサルト繊維とし、被覆のための樹脂を耐アルカリ性の向上が期待されるエポキシ樹脂とした無機系短繊維（以下、FRP 短繊維）を用いた短繊維補強コンクリートの耐久性を推定するため検討を行った。具体的には、FRP 短繊維の成分や熱特性を踏まえて加水分解の起きにくい熱硬化性のエポキシ樹脂を選定し、FRP 短繊維自体の高温・高アルカリ環境下での促進劣化試験により、引張強度保持率の観点からコンクリート中での耐久性を推定した。また、促進試験を行った FRP 短繊維をコンクリートに 1.0vol%混入し、曲げじん性係数の観点から短繊維補強コンクリートの耐久性を推定した。

Key Words: inorganic short fiber, epoxy resin, basalt, durability

1. はじめに

短繊維補強コンクリートは、繊維の架橋効果により、コンクリート構造物のひび割れ発生の抑制や、コンクリート片のはく離・はく落の防止等を目的として各種研究開発や適用が進められている¹⁾²⁾³⁾。

例えば、鋼繊維を用いた短繊維補強コンクリートは、ひび割れ幅の抑制や曲げ靱性係数の向上等のため、鉄道用連続合成桁の負曲げ区間に適用される事例がある。しかし鋼繊維を用いた場合、錆汁の発生による美観の低下等が課題となる。また、有機繊維（例えば、PP 繊維）

を用いた場合は、一般に鋼繊維と比較してヤング係数が低くひび割れ幅抑制効果が期待できないことや、紫外線による耐久性の低下等が懸念される。

そこで、筆者らは、ひび割れ幅の抑制効果が期待でき、錆が生じない繊維を検討し、無機系繊維の一種であるバサルト繊維を用いた FRP 短繊維に着目し、開発を行っている。具体的には、玄武岩を 1500℃程度で熔融し、押出し（遠心）紡糸した直径 13μm の糸を束ねたバサルト繊維を原糸とした無機系短繊維（以下、FRP 短繊維）である。

図-1、図-2に FRP 短繊維の製造方法と繊維の断面図を

示す。

FRP 短繊維はバサルト繊維 3 本を 792tex (1tex=1000m 当りの糸の質量が 1g) に束ね、エポキシ樹脂に含浸させ、次に直径 1mm 程度の孔に通して余分な樹脂を落とし (ブッシング)、加熱硬化させることにより製造した。FRP 短繊維の長さは、一般的な粗骨材最大寸法 (Gmax) の 2 倍である 40mm とした。

表-1 に各種繊維の基本的性質⁴⁾を示す。

バサルト繊維は、引張強度が PP (ポリプロピレン) 繊維より高く、鋼繊維と同等程度である。ヤング係数は 27.1kN/mm² であり、コンクリートと同等程度である。また、バサルト繊維を用いた FRP 短繊維の直径は 0.9mm であり、密度は 1.83g/cm³ である。

写真-1 に FRP 短繊維の外観を示す。

短繊維補強コンクリートの実構造物への適用においては、長期間供用されることを想定してコンクリートの性能を把握することが重要である。そのため、本稿では、バサルト短繊維を用いた FRP 短繊維補強コンクリートの耐久性の把握を目的に、FRP 短繊維および短繊維補強コンクリートの耐久性に関する各種検討を行った結果について述べる。

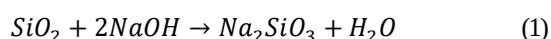
FRP 短繊維に使用するエポキシ樹脂の蒸留水およびアルカリ水溶液に対する耐久性を確認した後、FRP 短繊維の耐アルカリ性能を把握するため、アルカリ水溶液に浸漬し、引張試験を実施し、強度保持率の推定を行った。その後、あらかじめアルカリ水溶液で劣化させた FRP 短繊維に対して、短繊維補強コンクリートの曲げ強度および曲げ靱性への影響を確認した。

2. 短繊維に用いる樹脂の検討

(1) FRP 短繊維に用いる樹脂の選定

FRP 短繊維に用いるバサルト繊維の成分組成は、SiO₂ (40~60%)、Al₂O₃ (10~20%)、CaO (5~15%)、MgO (5~15%)、Fe + Fe₂O₃ (5~15%)、K₂O (0~3%)、Na₂O (0~5%) である。バサルト繊維の主成分は、ガラス繊維と同じく二酸化ケイ素 SiO₂ であり、非金属元素からできている酸性酸化物であるため、アルカリ (塩基) との酸塩基反応、いわゆる中和反応により溶解する。

例えば、水酸化ナトリウムの場合、式(1)のように反応して水に溶けるケイ酸ナトリウムになる。

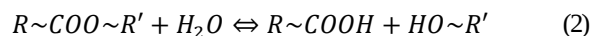


アルカリに弱いバサルト繊維を保護し機械的強度が優れた FRP を得るために、様々な高分子材料による被覆が考えられる。汎用の熱可塑性樹脂は弾性率や T_g (ガラス転移温度) が低いことから、FRP として機械的強度が

不十分となる可能性もあるため、熱硬化性樹脂の方が望ましいと考えられる。また、一般的に熱硬化性樹脂の中では、耐薬品性も優れているポリエステル樹脂やエポキシ樹脂などが多用されているが、殆どが分子構造内にエステル結合 (~COO~) を有している。このエステル結合はアルカリにより加水分解し易い性質があり、有機高分子鎖の結合が切断され本来高分子構造が示す様々な特性を発揮できない分子構造へと変化する。

式(2)にエステル結合の加水分解機構を示す。

エステル結合は加水分解により酸とアルコールになる。



以上の性状より、FRP 短繊維に使用する樹脂は、熱硬化性樹脂のうち、コンクリート中での共用を想定し耐ア

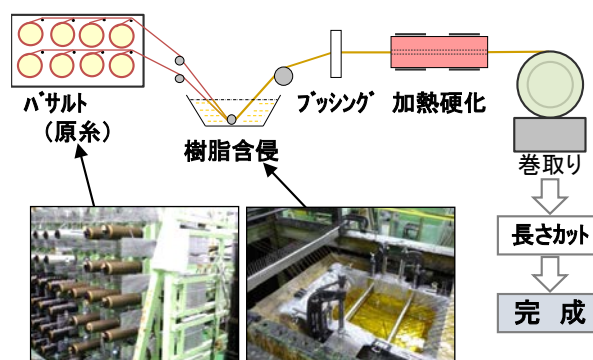


図-1 FRP 短繊維の製造方法

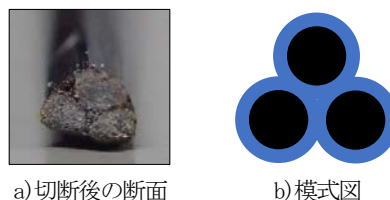


図-2 FRP 短繊維の断面図

表-1 各種繊維の基本的性質

	鋼繊維	PP 繊維	バサルト繊維
密度 (g/cm ³)	7.85	0.91	1.83
引張強度 (N/mm ²)	490~980	300~750	1103
ヤング係数 (kN/mm ²)	200	1.4~2.2	27.1
破断時伸び率 (%)	10 以上	10~15	4.5



写真-1 FRP 短繊維の外観

ルカリ性を向上させた，エステル結合を含まないエポキシ樹脂とした。

(2) 耐久性試験概要

試験は，エポキシ樹脂試験体を蒸留水またはアルカリ水溶液に所定の期間浸漬し，曲げ強度を測定することにより樹脂の耐久性の把握を行った。また，エポキシ樹脂内部への水分子の浸入の有無を把握するために，エポキシ樹脂試験体の質量を測定した。

エポキシ樹脂の試験体は，JIS K 7139：2009「プラスチック試験片」に準拠した短冊形試験片タイプ B2(機械加工，寸法 4×10×80mm)とした。なお，曲げ強度試験に用いる試験体と質量測定に用いる試験体は別々に作製した。

表-2 に，エポキシ樹脂試験体の浸漬条件を示す。

エポキシ樹脂試験体はそれぞれ質量を測定し，アルカリ水溶液または蒸留水へ所定の期間浸漬させた。

アルカリ水溶液はコンクリート中に含まれる水溶液の組成を想定し，JIS A 1193:2005「コンクリート用連続繊維補強材の耐アルカリ試験方法」に記載の溶液 A を用いた。溶液 A は 1000ml の蒸留水に水酸化カリウム 14g，水酸化カルシウム 2g，水酸化ナトリウム 10g を溶解させた水溶液 (pH=13.25) である。

写真-2 に，エポキシ樹脂試験体の浸漬状況を示す。

浸漬容器は密閉容器とし，試験体を水平に静置した後，容器内に浸漬させる液体を試験体が十分に浸漬するまで注いだ。浸漬容器内は，試験体の相互間隔が 20mm 以上となるよう配置した。また，試験体を浸漬させ密閉した容器は，20℃の恒温室内または60℃の恒温装置内に静置した。所定期間液体に浸漬させた試験体は，液体から取り出した直後に水道水で水洗いし，乾いた吸水性の紙で表面の水分を取り除いてから質量を測定した。

60℃の液体に浸漬させた試験体の曲げ強度試験は，水洗いし，表面の水分を取除いた後，20℃程度の室温で静置し，実施した。

写真-3 に，曲げ強度試験の実施状況を示す。

曲げ強度試験は，JIS K 7171:2016「プラスチック曲げ特性の求め方」に準拠し実施した。

(2) 耐久性試験結果

図-3 に，エポキシ樹脂の曲げ強度変化を示す。

試験は 5 体実施し，0 週時点での曲げ強度の平均値は 64.8N/mm²，標準偏差は 6.4N/mm²であった。60℃の液体に浸漬させた樹脂は，蒸留水およびアルカリ水溶液に関わらず，浸漬期間 4 週時点で曲げ強度保持率が約 80%程度まで変化したが，以降は継続的な強度低下は確認されなかった。20℃の液体に浸漬させた樹脂において，曲げ強度保持率は浸漬期間を通じて緩やかに低下することが

確認され，浸漬期間 52 週の時点で約 88%程度まで変化した。これらの変化は，浸漬させた液体の温度の違いに起因すると考えられ，液体中のアルカリ成分の存在による明確な影響は確認されなかった。

図-4 に，エポキシ樹脂の質量変化率を示す。

60℃の液体に浸漬させた樹脂試験体は，浸漬期間 4 週時点で約 2%程度の質量増加が確認された。浸漬期間 4 週以降の質量増加はほとんど見られなかった。これは，曲げ強度試験の結果と同様の傾向である。一方，20℃の液体に浸漬させた樹脂は，浸漬期間を通じて質量が緩やかに増加した。

表-2 エポキシ樹脂試験体の浸漬条件

	条件
浸漬液体	蒸留水，アルカリ液
液体温度	20℃，60℃
浸漬期間	0，4，8，13，26，52 週



写真-2 エポキシ樹脂浸漬状況

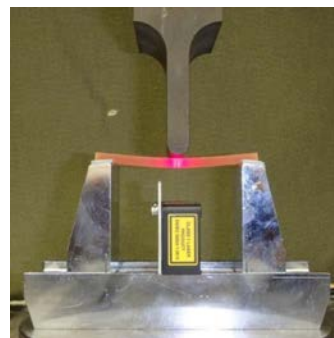


写真-3 曲げ強度試験の実施状況

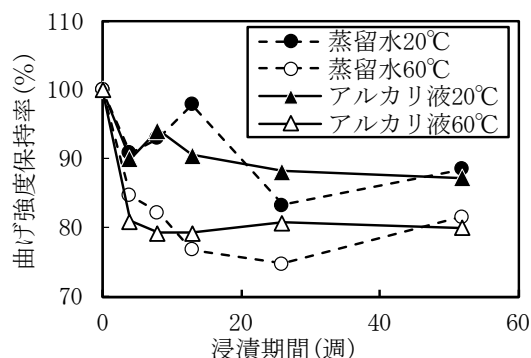


図-3 エポキシ樹脂の曲げ強度変化

図-5 に、エポキシ樹脂の 3D 網目構造イメージを、図-6 に水素結合した水分子のイメージ図を示す。

合成樹脂はその分子構造特性により、内部に水分子が浸入する場合がある。水分子は通常、水素結合により互いに結合しているが、本エポキシ樹脂の網目構造内の隙間へ水分子が浸入し、分子間結合力が弱まることにより、曲げ強度が低下したと推測される。

また、20℃の場合と比較して60℃の場合は、試験体の質量増加率が大きいことから、高温になると分子運動がより激しくなるため、樹脂内への水分子の浸入がより促進されたと推測される。

60℃の条件下では、曲げ強度保持率が急激に低下した後にほぼ一定の値となったのに対し、20℃の条件下では、漸減した傾向が見られた。これは質量変化率と同様の傾向を示しており、水分子の浸入により曲げ強度は低下するが、最終的に質量変化が平衡状態に達することにより、曲げ強度も一定に近づくと考えられる。

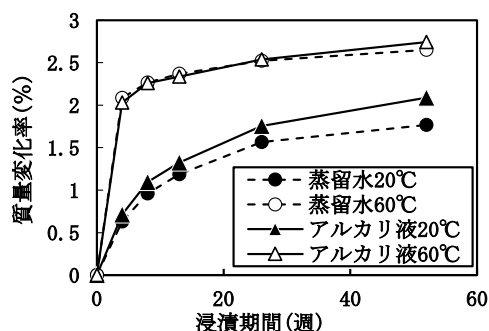


図-4 エポキシ樹脂の質量変化

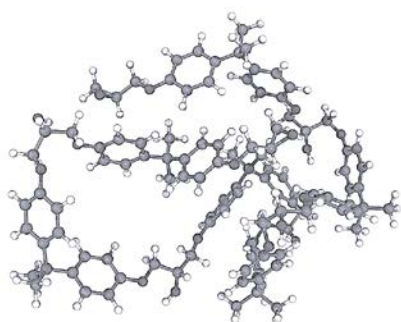


図-5 エポキシ樹脂の3D網目構造イメージ
(主に炭素C、酸素O、水素Hの共有結合から成る高分子構造)

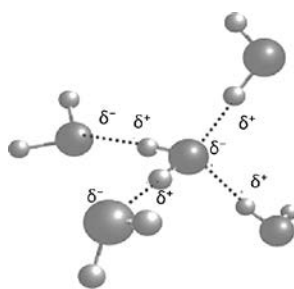


図-6 水素結合した水分子構造イメージ

写真-4 から写真-6 に、曲げ強度試験後の試験体の写真を示す。

いずれの試験体においても、液体から取り出した際に樹脂の変色は確認されたが、樹脂の変質や加水分解したような変化は確認されなかった。アルカリ水溶液に浸漬した試験体については、炭酸カルシウムの白色の付着物が確認されたが、60℃では蒸留水とアルカリ水溶液で質量変化率が変わらず、曲げ強度にも差が見られなかったため、白色の析出物による影響はないと考えられる。これらの結果から、本試験に用いたエステル結合を含まないエポキシ樹脂は、蒸留水やアルカリ水溶液へ浸漬することにより、エポキシ樹脂の網目構造内へ水分子が浸入したことで分子間結合力が弱まり、曲げ強度は8割程度まで低下したと考えられる。しかし、本試験結果において、エポキシ樹脂の高分子鎖の切断等による分子構造の変化は生じていないと推測される。

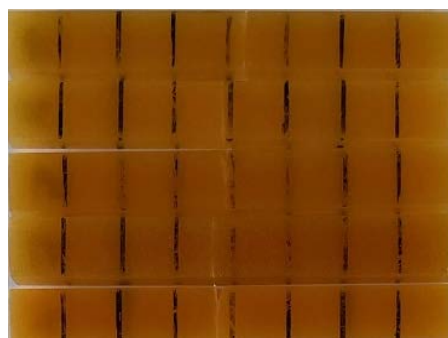


写真-4 0週浸漬試験体



写真-5 蒸留水 60℃ 52 週浸漬後試験体



写真-6 アルカリ水溶液 60℃ 52 週浸漬後試験体

3. FRP 短繊維の耐久性の推定

上記試験で使用したエポキシ樹脂およびバサルト繊維を用いてFRP短繊維を製造し、コンクリート中を模擬したアルカリ水溶液に所定の期間浸漬し、引張試験を実施した。

(1) 耐アルカリ性に関する検討

a) 検討概要

エポキシ樹脂の場合と同様に JIS A 1193:2005「コンクリート用連続繊維補強材の耐アルカリ試験方法」の溶液 A (20℃, 60℃) に、長さ 300mm の FRP 試験体を所定の期間浸漬した。水洗いを行い自然乾燥させた後、つかみ間隔が 100mm となるよう、エポキシ樹脂でつかみ部を形成し、毎分 2mm の速度で引張载荷を行った。

写真-7 に、引張試験の状況を示す。

エポキシ樹脂を用いた浸漬試験の結果より、蒸留水およびアルカリ水溶液に有意な差が見られなかったため、本検討ではアルカリ水溶液のみを用いて試験を実施した。

b) 試験結果および考察

図-7 および図-8 に、引張破断強度の変化を示す。

試験体数は 0 週時は 15 本、促進養生時はそれぞれ 10 本ずつ試験を行い、試験結果はそれぞれの平均値とした。

引張荷重は 0 週時で 715N、浸漬 4 週 20℃ で 692N、60℃ で 382N であり、標準偏差はそれぞれ 61.3N、23.1N および 16.2N であった。強度残存率は浸漬 4 週 20℃ で 96.8% となり、浸漬 4 週 60℃ で 53.4% であった。また、浸漬 8 週時において、強度残存率は 20℃ で 94.5%、60℃ で 42.0% であり、標準偏差はそれぞれ 41.7N、30.3N であった。

アルカリ水溶液による FRP 短繊維の引張強度低下の程度を把握するため、本試験結果を用いて、魚本・勝木⁹⁾が提案した繊維の耐アルカリ性能評価法を参考に FRP 短繊維の引張強度の劣化予測を行った。

図-9 に、本評価法のアルカリ反応モデルを示す。

本アルカリ反応モデルは、繊維断面を円形とし、アルカリ水溶液が繊維表面から内部方向へ均等に浸透すると仮定している。すなわち、フィックの拡散方程式を簡略化し、アルカリ水溶液への浸漬により繊維が劣化し、繊維断面積が小さくなると仮定した。これにより求められる繊維の引張強度を式(6)により推定した。

$$dx/dt = k \cdot C/x \quad (3)$$

$$x = \sqrt{2 \cdot k \cdot C \cdot t} \quad (4)$$

$$\sigma_0 = P_0/S_0 = P_t/S_t \quad (5)$$

$$\sigma_t = P_t/S_t = \sigma_0 \cdot P_t/S_t = (1 - \sqrt{2 \cdot k \cdot C \cdot t}/R_0)^2 \quad (6)$$

ここで、

C : アルカリ濃度 (mol/l), k : 拡散係数 (mm²/hr)

σ_0 : 浸漬前の繊維強度 (N/mm²)

σ_t : 浸漬 t 日繊維強度 (N/mm²)

S_0 : 浸漬前の繊維断面積 (mm²)

S_t : 浸漬 t 日の繊維断面積 (mm²)

R_0 : 浸漬前の繊維半径 (mm)

P_0 : 浸漬前の引張破断荷重 (N)

P_t : 浸漬 t 日の引張破断荷重 (N)



写真-7 引張試験状況

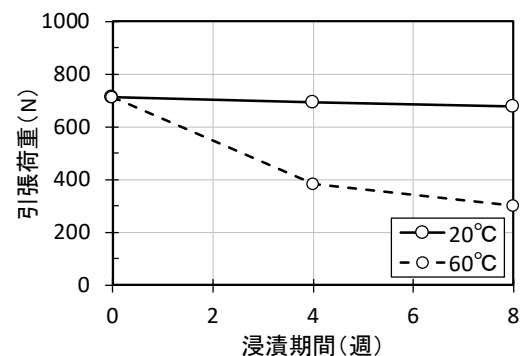


図-7 FRP 繊維引張試験結果

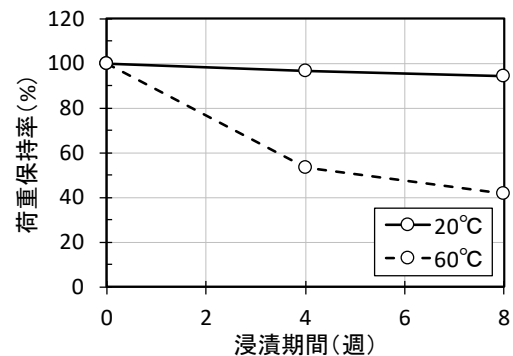


図-8 FRP 繊維引張試験結果 (荷重保持率)

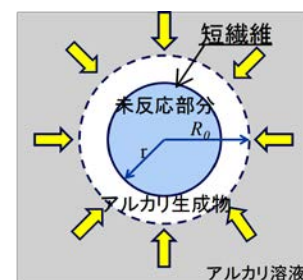


図-9 アルカリ反応モデル

本検討においては、アルカリ水溶液への浸漬時間を 4 週とした場合に、供用年数 100 年以上の引張強度の推定が可能かについて検討した。

図-10 に、0 週目と 4 週目の試験結果を用いて、経年に伴う引張強度保持率の低下率を推定したグラフを示す。

促進倍率は、本試験におけるアルカリ水溶液の pH と実構造物において推定される pH⁹⁾の差異を考慮するとともに、実環境の温度 (20℃) と本試験における温度 (60℃) の差異についても考慮した。

pH による促進倍率は、浸漬時の pH (pH=13.25) と、コンクリート内部の pH (pH=12.7) のアルカリイオン濃度の差異より、約 3.55 倍と求めた。また、温度差による促進倍率は、各温度の引張強度試験の結果から式(6)に基づき求められる拡散係数 (k) の比となり、約 275 倍と求めた。これらの算定結果より、pH と温度を考慮した促進倍率は約 977 倍となり、100 年後の引張強度保持率は約 47.5% となった。

また、4 週目および 8 週目の引張試験結果と本促進倍率を用いて、引張強度保持率をそれぞれ推定した結果、推定引張強度保持率と近い値となった。このことより、引張強度の観点では本 FRP 短繊維は、本推定方法を用いて評価が可能であると示唆される。

4. 無機系短繊維補強コンクリートの力学的性能

(1) 試験概要

短繊維補強コンクリートの曲げ靱性は、JSCE-G552「鋼繊維補強コンクリートの曲げ強度および曲げタフネス試験方法」に規定される曲げ靱性係数が指標のひとつとなっている。

本検討では、FRP 短繊維を所定の期間、JISA 1193 に基づき高温かつ強アルカリ環境下に浸漬し促進劣化させた後、コンクリートに混入した。実際のコンクリートに練混ぜる場合と異なるが、FRP 短繊維自体の劣化に着目することを目的に実施した。

これを鉄道構造物の連続桁負曲げ区間に適用された配合⁹⁾を参考に、W/C=50%、繊維混入率 1.0Vol.%の配合で、角柱供試体を作製し、曲げタフネス試験 (JSCE-G552) を実施した。なお、曲げタフネス試験は標準水中養生で、材齢 4 週に達した時点で実施した。また、繊維混入率は、促進劣化前の繊維質量から算出した。

(2) 試験結果

表-3 に短繊維補強コンクリートのフレッシュコンクリート試験結果を示す。

繊維を混入することにより、スランプの低下は確認されたが、空気量は繊維混入の有無に関わらず、同程度であった。また、ファイバーボールは確認されなかった。

表-4 に、曲げ強度試験および曲げタフネス試験の結果を示す。同一条件での試験体数は各 5 体とし、その平均値で評価した。曲げタフネス試験における载荷時の計測項目は、荷重およびたわみとした。

曲げ強度において、促進前後で有意な差異は見られなかった。曲げ靱性係数の平均値は、浸漬 0 週 : 5.59N/mm²、浸漬 2 週 : 4.42N/mm²、浸漬 4 週 : 4.22N/mm²であり、浸漬 4 週の場合においても、鋼繊維の下限値である 2.0N/mm²を上回ることを確認した。

図-11 に曲げ靱性係数と曲げ強度の関係を示す。

比較対象として、市販の鋼繊維を用いた短繊維補強コンクリート (圧縮強度 39~54N/mm²、鋼繊維混入率

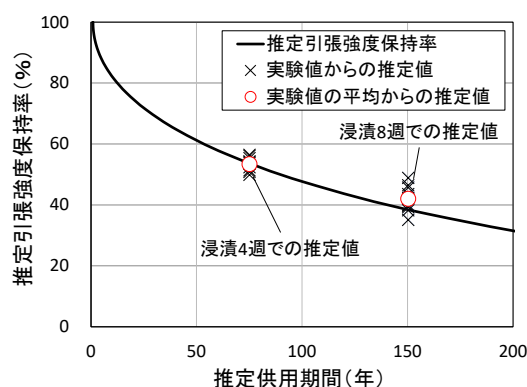


図-10 引張強度保持率

表-3 フレッシュコンクリート試験結果

配合名	スランプ (cm)	空気量 (%)
繊維無	22.5	4.4
繊維有 (1.0vol.%)	16.0	4.1

表-4 曲げ強度試験および曲げタフネス試験の結果

繊維の促進劣化期間 (週)		0	2	4
曲げ強度	試験値 (N/mm ²)	5.66	5.73	5.31
	保持率 (%)	100.0	101.2	93.8
曲げ靱性係数	試験値 (N/mm ²)	5.59	4.42	4.22
	保持率 (%)	100.0	79.0	75.5

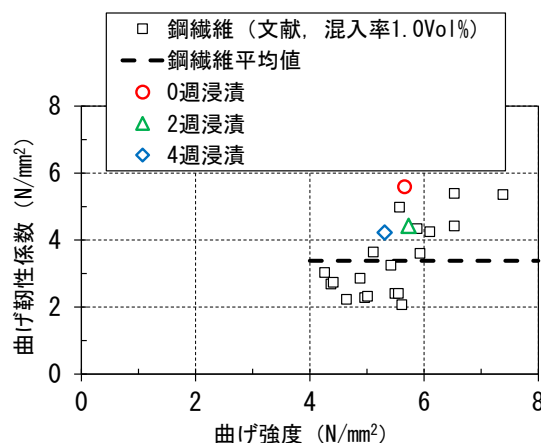


図-11 曲げ靱性係数と曲げ強度の関係

1.0Vol.%程度、繊維直径0.8mm程度、繊維長30～60mm)の曲げ靱性係数⁹⁾を示す。本検討において、4週促進試験を行ったFRP短繊維を混入したコンクリートであっても、鋼繊維補強コンクリートの平均値以上になることを確認した。

図-12～図-14に、短繊維補強コンクリートの曲げタフネス試験の荷重-変位曲線を示す。

ひび割れ発生による荷重低下の後、ひび割れ架橋効果により荷重が再増加(2次的な荷重増加)し、緩やかに荷重低下する挙動となった。2次的な荷重増加における荷重の最大点を2次ピークとすると、本短繊維補強コンクリートにおける2次ピークは、ひび割れ発生荷重程度まで増加した。

次に、測定値個々の荷重-変位関係の挙動をみると、図-12では、FRP繊維自体の破断やコンクリート中からの急激な引抜けに起因する、変位増加に伴う一時的な荷重の急激な低下が確認された。一方、図-13や図-14では、これらの挙動はほとんどみられず、緩やかな荷重低下が確認された。これは、2章や3章の検討結果も踏まえると、FRP短繊維がコンクリート中に供される、すなわち、高アルカリ水溶液に浸漬されたことで、エポキシ樹脂に水分子が浸入し、FRP短繊維の引張強度の低下や、FRP短繊維表面にコンクリート由来のカルシウム成分等の付着が起これ、FRP短繊維とコンクリートの付着力が低下したためと推察される。しかしながら、浸漬4週促進試験を行ったFRP短繊維においても、概ね2次ピークが確認されており、短繊維補強コンクリートとして引張力に抵抗していることが確認された。

以上より、3章の耐久性の推定結果や促進試験4週したFRP短繊維の曲げタフネス試験結果から、供用期間中のFRP短繊維補強コンクリートの性能が推定され、その値は鋼繊維補強コンクリートの平均値以上となることが分かった。

5. まとめ

エステル結合を含まないエポキシ樹脂を用いて耐アルカリ性を高めたFRP短繊維について耐久性に関わる検討を実施した。その結果、本検討により得られた知見を以下に示す。

- 1) 本FRP短繊維に用いる、エステル結合を含まないエポキシ樹脂は、蒸留水とアルカリ水溶液の浸漬時の性能を比較しても、曲げ強度や質量変化の差は確認されなかった。
- 2) 本FRP短繊維は、アルカリ水溶液の浸漬により強度低下が確認された。100年後の引張強度の推定残存率は約48%であった。

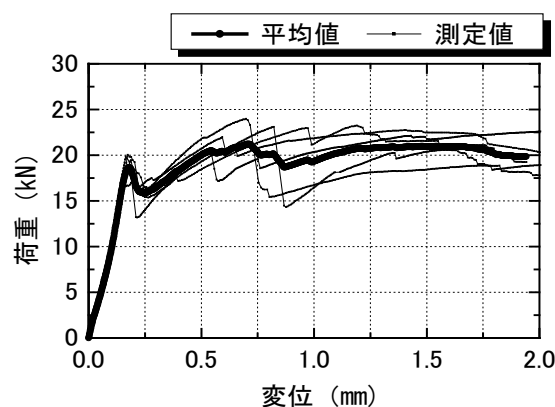


図-12 曲げタフネス試験結果(浸漬0週)

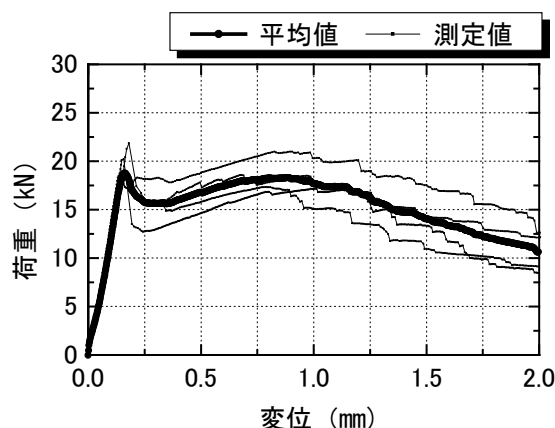


図-13 曲げタフネス試験結果(浸漬2週)

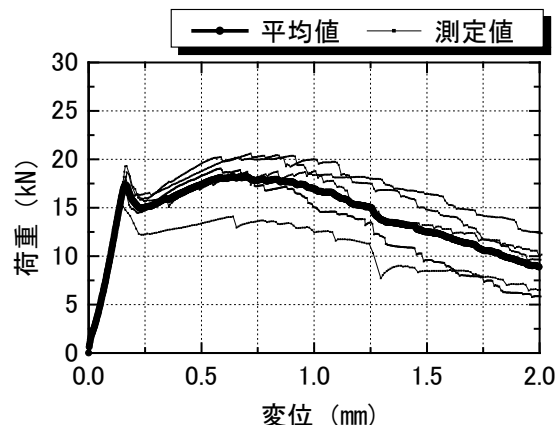


図-14 曲げタフネス試験結果(浸漬4週)

- 3) アルカリ水溶液により促進劣化させた本FRP短繊維を1.0Vol.%混入した短繊維補強コンクリートの力学的性能について確認した結果、曲げ強度への影響は確認されず、曲げ靱性係数についても、本FRP短繊維とコンクリート由来の付着物に起因する付着力の低下が推察されたが、鋼繊維を用いた短繊維補強コンクリートの下限値である2.0N/mm²を上回る事を確認できた。

参考文献

- 1) 保坂鐵矢, 山田高裕, 中野幹一郎: 鋼繊維軽量コンクリートを用いた連続合成鉄道橋 阿佐線・物部川橋りょう, コンクリート工学, Vol.38, No.6, pp.24-30, 2000
- 2) 保倉篤, 宮里心一, 岡村脩平, 吉本大士, 倉方裕史: 異なる温度の水中と気中に暴露されたアラミド短繊維補強コンクリートの曲げ性能の経時変化, 土木学会論文集, Vol.76, No.4, pp.374-385, 2020
- 3) 土木学会: 繊維補強コンクリート構造利用研究小委員会成果報告書 コンクリート技術シリーズ 106, 2015
- 4) 菊田貴恒, 三橋博三: 繊維補強コンクリートの構成要素と材料の基本的性能, コンクリート工学, Vol.50, No.5, pp.414-417, 2012
- 5) 魚本健人, 勝木太: 各種繊維の耐アルカリ性の評価法に関する基礎研究, 土木学会論文集, No.490, V-23, pp.167-174, 1994
- 6) 徳富恭彦, 南邦明, 斉藤雅充, 下津達也: 鋼鉄道橋連続合成桁で用いる鋼繊維補強コンクリートの性能特性, 土木学会第 67 回年次学術講演会, I-454, 2012

(Received August 26, 2022)

A STUDY FOR PRACTICAL USE OF INORGANIC SHORT FIBER COATED BY EPOXY RESIN FOR REINFORCED CONCRETE

Hideki OHASHI, Kenichi MORIYA, Tooru TANAKA, Toru UEKI, Tatsuya NIHEI
and Kohei SASADA

Steel fibers and organic fibers have been put to practical use for the purpose of suppressing cracking and preventing detachment and exfoliation of concrete. In order to put inorganic short fibers into practical use, it is necessary to improve the alkali resistance and to estimate the in-service performance. In this study, we investigated the durability of inorganic short-fiber reinforced concrete using basalt fibers and epoxy resin, which is expected to improve alkali resistance, as a resin to coat the fibers. A thermosetting epoxy resin that is resistant to hydrolysis was selected based on the composition and thermal properties of the short fibers, and the durability of the short fibers in concrete was estimated in terms of tensile strength retention by accelerated degradation tests under high temperature and strong alkaline conditions. The durability of short-fiber reinforced concrete with 1.0 vol% of accelerated curing short fibers was also estimated in terms of flexural toughness coefficient.