

超緻密高強度繊維補強材料の化学的侵食に対する抵抗性に関する研究

福岡大学大学院 学生会員 ○佐藤悠士朗 (株)サンブリッジ 正会員 三田村浩
(株)美和テック 上西裕樹 (株)CORE 技術研究所 正会員 橋本達朗
福岡大学大学院 正会員 添田政司

1. はじめに

近年、既設コンクリート構造物の補修に超高強度コンクリート材料が広く用いられてきている。その中で、超緻密高強度繊維補強材料は、圧縮強度、引張強度、曲げ強度などの力学的特性に優れ、短期間に100N/mm²以上の強度を確保することができる。しかし、土木学会超高強度コンクリート指針にも記述があるようにこれらの超高強度材料での化学的耐久性については、知見は少なく、硫酸によってセメントや鋼繊維が溶質または腐食するおそれが示されている。本研究では、化学的抵抗性の検討を行うとともに、ひび割れからの硫酸劣化の発生が考えられたため、割裂引張試験によりひび割れ発生強度の力学的特性の評価を行った。

2. 実験概要

使用材料には、ポルトランドセメントと鋼繊維を用い、試料の練混ぜは、高粘性を発揮するためスイス製の100 Liter ミキサーを使用し行った。試験供試体は、いずれも脱型後、28日間の水中養生を行った。試験項目と供試体の寸法及び数量の関係を表-1に示す。

2.1 試験方法

(1) 割裂引張試験：養生終了後、JIS-A 1113「コンクリートの割裂引張強度試験方法」に準じて行った。ひずみゲージ(検長：60mm)を張り付け、データロガーを用いてひび割れ発生荷重とひずみの測定を行った。(2) 化学的侵食試験：養生終了後、JIS 原案「コンクリートの溶液浸漬による耐薬品性試験(案)」に準じて試験を行った。溶液は、塩酸(濃度2%)、硫酸(濃度5%)、硫酸Na(濃度10%)、硫酸Mg(濃度10%)を用い、測定は、1, 2, 4, 8, 13週目に質量の経時測定と外観観測を行った。なお、硫酸浸漬に関しては、土木学会超高強度コンクリート指針にも記述があるよう濃度5%の硫酸環境では、その耐久性は認められていないことから、試験当初から耐硫酸を確保できないと予想できたため、別途に結合材種類が異なる高炉スラグを混和材として用いた3種類の材料を作製し、計4種類の材料で試験を行った。また、新たに作製した3種類の材料は、一定以上の強度発現性を確保されているのを事前に確認している。測定は、質量の経時変化を7, 14, 28日目に行った。

表-1 試験項目と供試体の寸法及び数量

試験項目	供試体寸法	数量
割裂引張強度試験	φ100mm×200mm	40体
化学的侵食試験	φ50mm×100mm	各溶液5体

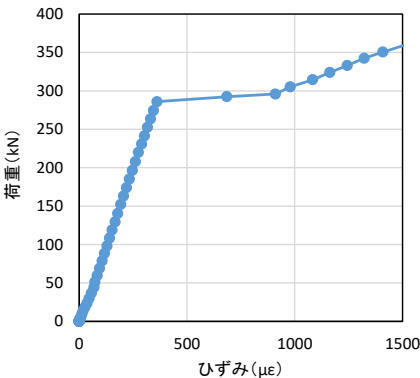


図-1 割裂引張強度試験の一例

表-3 割裂引張強度試験結果の集計表

集計表	ひび割れ発生荷重	変位	発生強度
	kN	mm	N/mm ²
平均	258	379	8.32
最大	377	605	12.15
最小	211	197	6.75
標準偏差	-	-	1.23

キーワード：硫酸、割裂引張強度試験、超緻密高強度繊維補強材料、
連絡先：〒814-0180 福岡県福岡市城南区七隈8丁目19番地1号 福岡大学 TEL 092-871-6631

3. 結果及び考察

割裂引張強度試験における測定結果の一例を図-1に示す。ひずみが急激に増加した荷重をひび割れ発生強度とした。この場合、ひび割れ発生荷重は約290kNである。表-3には、全供試体の平均と標準偏差を示す。その結果、ひび割れ発生強度の平均値は、8.32N/mm²であり、その時のひずみの平均値は379μ ϵ という結果であった。供試体間でバラつきが見られているが、これは材料を型枠に詰め込む際に、鋼繊維の配向性が異なったものと考えられる。図-2に化学的侵食試験による質量変化率の経時変化を示す。硫酸Na、硫酸Mgに浸漬させた供試体は、質量の減少は見られず、塩酸に浸漬させた供試体では、13週時点で5~7%程度の質量比の低下であったのに対し、硫酸に浸漬させた供試体は、13週時点で60%程度質量比が低下する結果を示した。また、写真-1に化学的侵食試験の浸漬前と13週後の溶液ごとの供試体の外観を示す。塩酸に浸漬させた供試体は、茶に変色しているが大きな形状変化は見られず、硫酸Na、硫酸Mgに関しては、外観の変化も確認されなかった。硫酸に浸漬した供試体の劣化は、写真-1からも確認でき、供試体表層より鋼繊維、材料が溶け出し小さくなった。耐硫酸性の向上を図った繊維補強材料の硫酸浸漬後の質量変化率の経時変化を図-3に示す。なお、比較用として、無体策の場合の結果を黒色の実線で示し、黒色の破線は下水道基準規格を示す。また、表-4に下水道基準を示す。^{1) 2)}品質規格は、日本下水道事業団「下水道コンクリート構造物の腐食抑制技術及び防蝕マニュアル」¹⁾断面修復用材料の品質規格および東京都下水道局「コンクリート改質技術マニュアル」補修用材料の品質規格を参考にしている。²⁾耐硫酸性を考慮したS1、S2、S3は全く減少しない結果を示しており、耐硫酸型のS1、S2、S3は、現行の下水道の規格を満たすことを確認した。

4. まとめ

本研究では、超緻密高強度繊維補強材料の力学的特性および化学的抵抗性の評価を行った。得られた結果を以下に示す。

- 1) 力学的特性では、平均値8.32N/mm²と高いひび割れ発生強度が得られた。
- 2) 化学的抵抗性の検討では、塩酸、硫酸Na、硫酸Mgに対する抵抗性が確認された。
- 3) 超緻密高強度繊維補強材料は、高炉スラグを混和材として用いることで、下水道基準規格を十分に満足する耐硫酸性が確認された。

参考文献

- 1) 日本下水道事業団：下水道コンクリート構造物の腐食抑制技術および防食技術指針・同マニュアル，2002.12 3
- 2) 東京都下水道局：コンクリート改修技術マニュアル処理施設編，2003.3 4

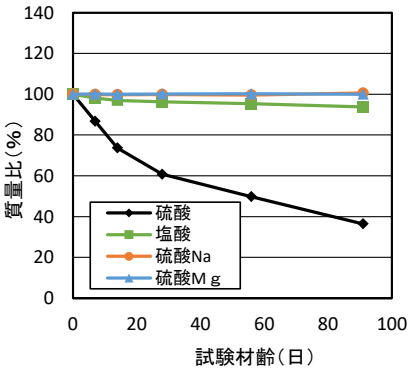


図-2 質量変化率
13週目

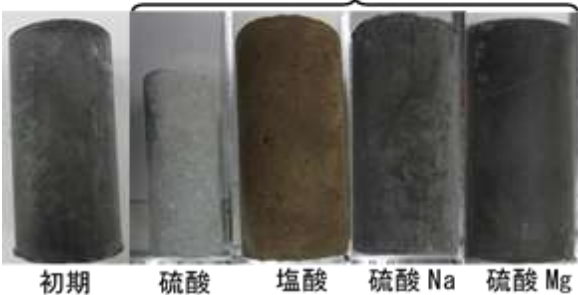


写真-1 化学的侵食試験

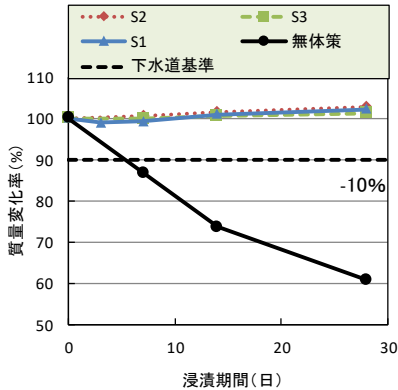


図-3 質量変化率 (耐硫酸)

表-4 下水道基準

項目	耐酸性
品質規格	重量変化率(%) ±10以内
試験方法	5%硫酸浸漬後、重量変化率を測定
溶液浸漬期間	28日