

車両火災による高温下の PVA 繊維補強コンクリートの挙動に関する実験的研究

日本大学 学生会員 ○加藤 慶介 日本大学 非会員 郷 拳太良
日本大学 学生会員 張 撃宇 日本大学 正会員 齊藤 準平

1. はじめに

コンクリート構造物に対する劣化現象の一つに火災が上げられる。特に車両火災が起きた場合は、火の温度は、条件によっては最高温度が 1200℃近くまで上がる。車両火災がトンネル内や橋梁下であった場合は、コンクリート構造物に高温の影響を及ぼし、道路の早期復旧が難しくなる恐れがある。

近年では、コンクリートにビニロンやポリプロピレンなどの短繊維を配合させ強度を図る「繊維補強コンクリート」が注目されている。繊維補強コンクリートは靱性性状の向上やひび割れ発生の抑制など様々な性能の改善が可能になることから、今後、繊維補強コンクリートが一般的に幅広く用いられることが考えられる。

本研究は、施工性が高いとされる PVA 繊維補強コンクリートを対象とした、高温を受けた後のコンクリートの使用性能を検討する目的として、繊維混入量、高温条件を変えた供試体に対する高温加熱実験を実施し、それら挙動の検討を行った。

2. 実験方法

2. 1 実験概要

表-1に実験条件一覧を示す。繊維混入量（5条件）と温度条件（7条件）の組み合わせで35条件を実験条件とした。供試体は全て円柱供試体（直径 50mm×高さ 100mm）とし、各3本ずつ全105体となる。供試体は、繊維混入しない供試体（繊維 0%）、繊維長 1.2mm（繊維 A）を 0.5%、1.0%、2.0%混入した供試体、繊維 0.5mm（繊維 B）を 0.5%混入した供試体である。

供試体は、28日間の封緘養生後に水和反応停止処理を施し、高温加熱実験を行った。高温加熱実験は、電子高温炉（以下マッフル炉と称す）に供試体を入れた加熱を行う。加熱は最高温度を1時間持続させて行い、加熱後は光学電子顕微鏡を用いて1週間のひび割れ観察を行った。また、圧縮載荷試験によって、圧縮強度およびひずみゲージ（縦方向2枚、横方向2枚）によるヤング係数等の算出を行った。さらに、圧縮載荷試験の前に

AE法によるコンクリート中の弾性波速度を取得し、高温による損傷との関係性を検討した。

表-1 実験条件一覧

供試体	常温(20℃)	200℃	400℃	600℃	800℃	1000℃	1155℃	計
繊維0%	3	3	3	3	3	3	3	21
繊維A0.5%	3	3	3	3	3	3	3	21
繊維A1.0%	3	3	3	3	3	3	3	21
繊維A2.0%	3	3	3	3	3	3	3	21
繊維B0.5%	3	3	3	3	3	3	3	21
計	15	15	15	15	15	15	15	105

備考) 表中の数値は、供試体数を表す。

2. 2 マッフル炉を用いた高温加熱試験

マッフル炉では、0～1155℃の温度設定が可能であり、既存研究と予備試験結果から設定温度を 200℃、400℃、600℃、800℃、1000℃、1155℃に決定した。なお、比較のために常温（加熱せず（20℃））も条件に加えた。

2. 3 光学電子顕微鏡を用いた供試体観察

光学電子顕微鏡（キーエンス社製 VHX-6000）を用いて、加熱後1日から7日間、ひび割れ幅の変化を観察



写真-1 顕微鏡画像(1000倍)

した。顕微鏡では、写真-1のように、倍率20倍から最高倍率2000倍までの観察が可能で、観察画面の撮影、画面上でのひび割れ幅の計測を同時に行うことができる。

3. 実験結果および考察

3. 1 加熱後の外観とひび割れの観察

加熱後の外観は、200℃、400℃は表面に飛び出た繊維に焦げなどが見られたが、供試体側面には大きな変化は見られなかった。600℃、800℃、1000℃の供試体には加熱後表面上に粉塵が付き、脆くなった。最高温度の1155℃は網目状のひび割れや供試体全体が茶褐色に変化した。ひび割れ幅は、600℃の供試体が、全設定温度のなかで最も大きかった。

3. 2 圧縮載荷試験結果

図-1に、いくつかの加熱温度の代表的な圧縮応力と縦ひずみ（平均値）の関係を示す。常温時は、その関係

キーワード：高温加熱，PVA 繊維，圧縮強度，ひび割れ，AE

連絡先 〒274-8501 千葉県船橋市習志野台 7-24-1 TEL.047-469-5241 E-mail : saitou.junpei@nihon-u.ac.jp

は一般的な上に凸の放物線を描くのが確認できる。しかしながら、高温の影響を受けると、その関係は、直線的な関係や下に凸の放物線を描くことがわかる。これは、高温の影響を受けて発生したひび割れと硬化体部の複合的な挙動のためと考えられる。

図-2に、各加熱温度の圧縮強度を示す。強度の低下の程度を見るために常温時の圧縮強度に対する各圧縮強度の比（強度低下率）も併記する。図より、全ての供試体において、温度の上昇に伴い、強度が低下することが概ね確認できた。強度低下率より、高温の影響による強度の低下をみると、繊維の混入の有無や繊維長の違いにかかわらず、その低下率はほぼ同一の挙動を示すことがわかった。その低下率は、300度で約20%、500度で50%となり、600℃を超えると約80%以上になること、600℃前後で低下の傾向に違いが現れることが確認できた。なお、1000℃までの強度の低下以降1155℃のようなさらに高温になると繊維の有無による違いが見られた。繊維0%は低下するが、繊維混入した場合は800℃の強度と同程度に上昇する結果となった。これは硬化体への繊維の何らかの影響が起因していると思われるが、不明である。

図-3に、各加熱温度のヤング係数を示す。常温時のヤング係数に対する各ヤング係数の比（ヤング係数低下率）も併記する。図より、圧縮強度と同様に温度の上昇に伴い、ヤング係数は低下することが確認できる。また、圧縮強度と同様に600℃前後で低下の傾向に違いが現れることがわかった。さらに同一温度で圧縮強度の低下率と比較すると、ヤング係数のほうが低下率は大きいことがわかった。なお、各値はゲージによるひずみがひび割れの影響でばらついているものの、繊維の有無や混入量の違いの影響はほとんどみられない。

3.3 AE法を用いた衝撃弾性波速度

図-4に、AE法による衝撃弾性波速度と加熱温度の関係を示す。常温時の弾性波速度に対する各弾性波速度の比（弾性波速度低下率）も併記する。

図より、繊維量や繊維長の違いに関わらず、温度の上昇に伴い弾性波速度が低下したことが確認できる。これは、コンクリートの損傷に伴い弾性波速度が低下したものと考えられる。この結果はAE法に、PVA繊維補強コンクリートに対してもその損傷の程度を評価できることを示唆するものである。

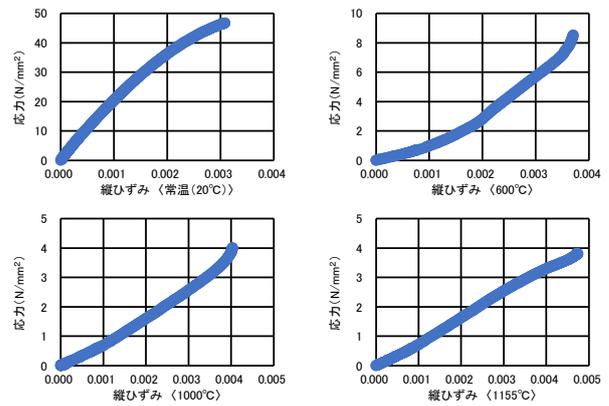


図-1 応力と縦ひずみの関係

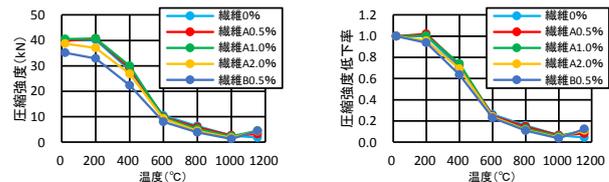


図-2 圧縮強度

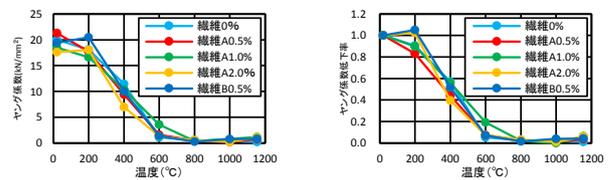


図-3 ヤング係数

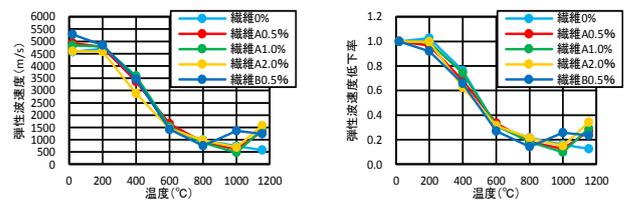


図-4 弾性波速度

4. まとめ

- (1)高温の影響を受けると、ひび割れの影響によって、圧縮応力とひずみの関係が変化する。
- (2)圧縮強度やヤング係数は温度上昇に伴い低下し、その傾向は繊維の有無に関係なくほぼ同様に低下する。
- (3)衝撃弾性波は、温度の上昇によるPVA繊維補強コンクリートの損傷の程度を評価できる可能性がある。

謝辞

本研究にて、日本大学卒研究生の吉澤瑞季君にAE試験に尽力いただいた。ここに付記し、謝意を表します。

参考文献

- 1) 高野ら：高温加熱を受ける高強度繊維補強コンクリートの耐火性能について：土木学会論文集 E vol.63 No.3, pp.424-436, 2007
- 2) 新井ら：剥落防止機能を有する有機系短繊維補強コンクリートの耐火性能：コンクリート工学年次論文集, vol.29, No.1, pp.381-386, 2007