

高温加熱を受けた鋼繊維補強コンクリートの圧縮強度と弾性係数

福島工業高等専門学校 学生会員 ○高橋康太郎
 福島工業高等専門学校 正 会 員 緑川 猛彦
 福島工業高等専門学校 車田 研一

1. はじめに

近年、繊維補強コンクリートを用いた施工が普及しており、トンネル覆工等に用いられるケースが増加している。自動車事故等が原因でトンネル内において火災が発生した場合、火災による熱で覆工の強度低下や耐久性の低下等が懸念されることから、覆工に用いられる繊維補強コンクリートの耐火性の把握が必要である。

本研究では、鋼繊維を用いた繊維補強コンクリートの加熱性状を把握することを目的とし 100℃から 1,000℃まで高温加熱した供試体の圧縮強度や弾性係数について、実験的に検討した。

2. 実験概要

普通ポルトランドセメント ($\rho_c=3.15\text{g/cm}^3$)、いわき市大久町産山砂 ($\rho_s=2.58\text{g/cm}^3$)、いわき市四倉町産砕石 ($\rho_g=2.70\text{g/cm}^3$) および鋼繊維 (直径 0.62mm, 長さ 40mm, アスペクト比 65) を用いて W/C=59.5%のコンクリート供試体 ($\phi 100\text{mm} \times 200\text{mm}$) を作製し、20℃の水中で約 2 か月間の養生を行った。コンクリートの配合を表-1 に示す。その後、100℃で 24 時間の炉乾燥を行い、電気炉を用いて 100℃から 1,000℃まで 50℃ピッチで 24 時間の本格加熱を行った。加熱パターンを図-1 に示す。温度勾配によるモルタルのひび割れを防止するために加熱速度 1℃/min, 冷却速度 0.5℃/min とした。供試体温度が常温 (約 20℃程度) まで低下した後、供試体の圧縮強度およびヤング係数、動弾性係数を測定した。また、加熱後再び 20℃の恒温水槽に戻し、28 日間の再養生を行った供試体についても同様の試験を実施した。

3. 結果および考察

図-2 に加熱温度と圧縮強度残存比との関係を示す。圧縮強度残存比は、加熱した供試体の圧縮強度を加熱しない供試体の圧縮強度で除したものとした。鋼繊維の有無に関わらず、加熱温度 150℃付近で一時的に圧縮強度残存比が増加するものの、加熱温度の上昇に伴いほぼ比例的に圧縮強度残存比は低下し、850℃以上でほぼ零となった。モルタルによる結果では、500℃付近で圧縮強度の急激な低下が認められたが、コンクリートではこのような低下は見られなかった。粗骨材の噛み合わせが強度の低下防止に関係していると推察される。

図-3 に加熱後再養生を施した供試体の加熱温度と圧縮強度残存比との関係を示す。加熱温度が増加するにつれて圧縮強度残存比も減少するものの、図-2 と比較すると全体的に減少の傾きが緩く再養生により圧縮強度が回復する様子がわかる。モルタルの結果では再養生により 800℃で 75%の回復が認められているが、コンクリートでは特に 650℃付近の強度回復が大きく、鋼繊維なしで 95%程度、鋼繊維ありで 55%程度まで回復することとなった。この再養生による回復は、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ や CaCO_3 の熱分解で生じた CaO の再水和に起因するものと思われる。一方、鋼繊維の有無で再養生による強度回復の程度が異なっている。コンクリート供試体を 650℃まで加熱すると供試体に微細なひび割れが生じる。これを再び水中に浸すことでコンクリートが湿潤膨張し微細なひび割れが互いに接触するようになる。この接触面で CaO が再水和し $\text{Ca}(\text{OH})_2$ に変化することによりひ

表-1 コンクリートの配合

単位量 (kg/m ³)						繊維混入量 (体積比) (%)
W	C	S	G	AE	SP	
171	288	865	964	2.02	2.88	0.5

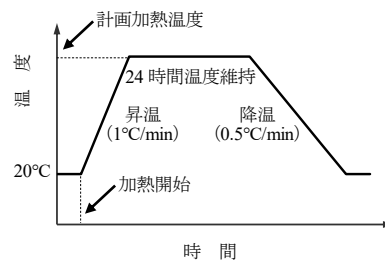


図-1 加熱プログラム

キーワード 鋼繊維補強コンクリート, 高温加熱, 圧縮強度, 静弾性係数, 動弾性係数

連絡先 〒970-8034 いわき市平上荒川字長尾 30 福島工業高等専門学校 TEL 0246-46-0835

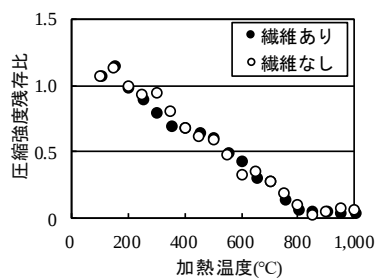


図-2 加熱温度と圧縮強度残存比との関係
(再養生なし)

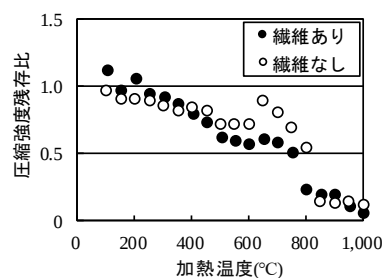


図-3 加熱温度と圧縮強度残存比との関係
(再養生あり)

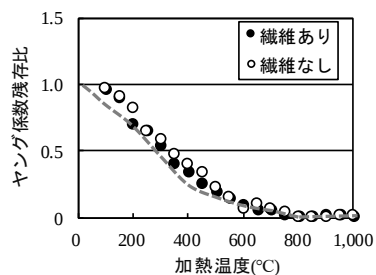


図-4 加熱温度とヤング係数残存比との関係
(再養生なし)

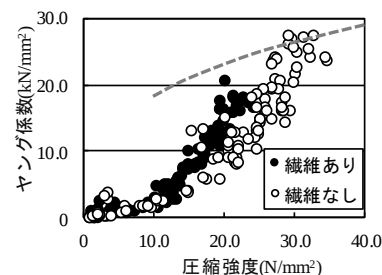


図-5 圧縮強度とヤング係数との関係

び割れが補修され強度が増加するものと推察される。鋼繊維補強コンクリートの場合、鋼繊維の存在がコンクリートの再水和による湿潤膨張を阻害することが考えられ、ひび割れが互いに接触することができないことが強度回復を低下させる要因だと推察される。

図-4に加熱温度とヤング係数残存比との関係を示す。圧縮強度残存比と同様に、加熱温度の上昇に伴いヤング係数も直線的に減少することとなった。構造材料の耐火性ガイドブック（日本建築学会）によるヤング係数残存比の提案値を合わせて示しているが、本実験結果とよく一致している。

図-5に圧縮強度とヤング係数との関係を示す。健全なコンクリートの圧縮強度とヤング係数との関係式は土木学会コンクリート標準示方書【設計編】に示されている。この関係式で示される曲線も合わせて図-5に示すが、高温加熱を受けたコンクリートのヤング係数は健全なコンクリートのそれとは全く異なることがわかる。高温加熱を受けたコンクリートでは、圧縮強度が同程度であってもヤング係数は相当低い値となっている。これは、加熱による微細なひび割れ発生等の熱劣化が影響していると考えられ、一度高温加熱を受けたコンクリートは圧縮強度がある程度まで回復したとしても、ヤング係数は元に戻らないことを示すものである。

4. おわりに

本研究では、鋼繊維補強コンクリートの加熱性状を把握することを目的とし、同じ配合で実験実施した普通コンクリートと圧縮強度や弾性係数の比較を行った。本実験範囲内で得られた知見を以下に示す。

- (1)高温加熱を受けた鋼繊維補強コンクリートは、加熱温度が高くなるにつれて圧縮強度が低下する。圧縮強度の低下率は普通コンクリートと同程度であった。
- (2)モルタル供試体で見られる加熱温度 450°C 付近の圧縮強度の急激な低下は、コンクリート供試体では認められなかった。
- (3)高温加熱を受けたコンクリートの圧縮強度とヤング係数との関係は、健全なコンクリートのそれとは全く異なり、同じ圧縮強度であっても加熱を受けたコンクリートのヤング係数は相当低くなる。

参考文献

- 1) 緑川猛彦, 車田研一, 林久資: 高温加熱を受けたモルタルの熱劣化と再養生のメカニズムについて, 第 44 回セメント・コンクリート研究討論会論文報告集, pp.59-62, 2017