

# 模擬トンネルを用いたコンクリートの耐火性能評価

## -高温加熱を受けたコンクリートの残存強度の検討-

学生氏名 角 和憲

指導教員 栗原 哲彦

### 1. はじめに

トンネル火災は、車両事故に起因し、閉鎖的な空間で発生するため、急激な温度上昇が起こることが報告されている<sup>1)</sup>。この急激な温度上昇によりトンネル内のコンクリートの強度は著しく低下することが報告されている<sup>2)</sup>。このコンクリートの強度低下によって、構造物自体が崩壊に至る危険性があるといえる。そこで本研究では、高温加熱を受けた後のコンクリートの残存強度を検討し、供試体全体の強度分布の把握を試みる。

### 2. 実験概要

図1に高温加熱を受けたコンクリートの残存強度の報告を示す<sup>3)</sup>。高温加熱を受けたコンクリートは加熱後約1ヶ月で最も強度が低下し、その後は自然回復する傾向が確認できる。そこで本研究では供試体 (CON-30, CON-50, SFRC-50) を耐火実験後28日間空中に放置し、長手方向に60mm間隔で切断した60×60×200mmの供試体を用い、曲げ試験(4点曲げ載荷試験)及び、曲げ試験終了後の切片を用いた切片圧縮試験を実施した。

### 3. 実験結果および考察

#### 3.1 曲げ残存強度の検討

図2にCON-30, CON-50, SFRC-50の供試体下面より0mmにおける供試体内部の受熱温度(火皿側の供試体下面より0mmの温度)とひび割れ規模及び曲げ強度分布との関係図を示す。図2より、曲げ強度は、受熱温度の最も高いトンネル風下から400mm(以下距離のみを示す)付近で最も低下していることが確認できた。また、同付近ではひび割れが集中していることも確認されており、ひび割れ部分は応力を負担しないため、このひび割れが原因となり強度低下に繋がったと考えられる。加えて、ひび割れの発生が確認されなかった箇所においても受熱温度が100程度になると徐々に強度が低下する傾向がみられた。これは、供試体内部の受熱温度が100を超えたことで供試体内部の自由水が気化し、発生した水蒸気圧が内部組織に緩みを生じさせたものと考えられる。また、高温加熱を受けたコンクリートは主成分である炭酸カルシウムの分解が起こり、コンクリートの密度が低下することが報告されており<sup>3)</sup>、強度低下の要因の1つであると推測される。

次に700mm～1200mmの範囲において、曲げ強度は同程度の値をとっており、700mm地点における受熱温度が約30と、常温とほとんど変化がないことより、700mm～1200mmの範囲は加熱による影響はなく健全なコンクリートであるものと推測する。

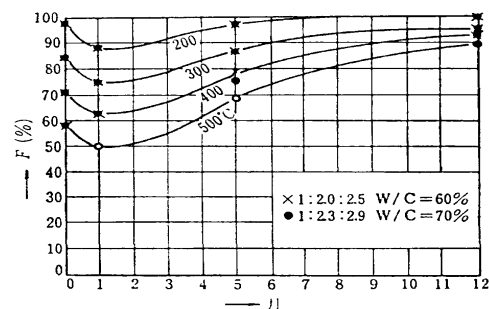


図1 高温加熱後のコンクリートの残存強度<sup>3)</sup>

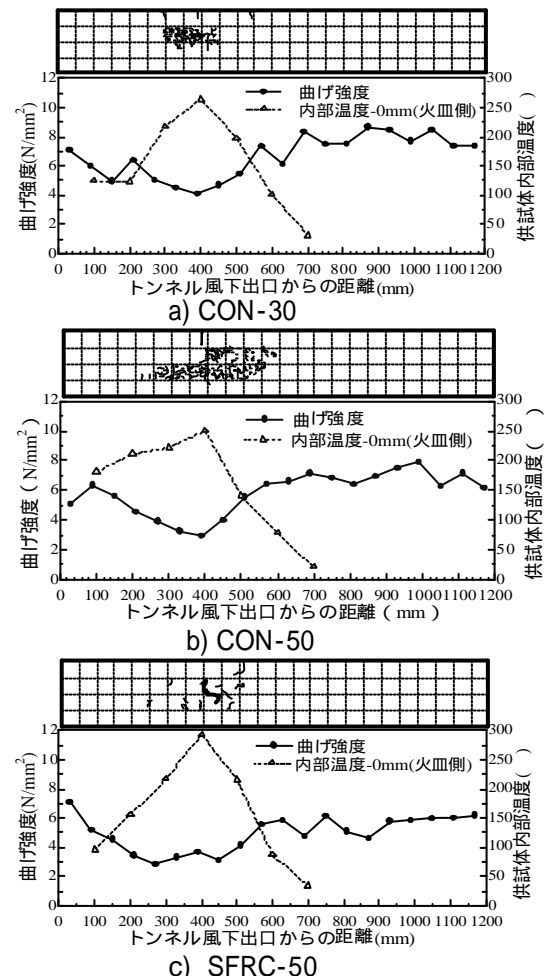


図2 曲げ強度と受熱温度及びひび割れ関係

図 3a)に CON-30 ,CON-50 の曲げ強度残存率を ,図 3b)に SFRC-50 ,CON-50 の曲げ強度残存率を示す .ここで ,曲げ強度残存率は健全部 (700mm ~ 1200mm )の平均強度に対する各位置の強度を百分率で示したものである .なお ,加熱を受けていない箇所で 100% を超える箇所がみられるが ,これは健全部の強度を平均したためである .図 3a)より ,最も低い曲げ強度残存率は CON-30 で 56% (270mm ) ,CON-50 で 44% (400mm )であった .一般に加熱を受けた高強度コンクリートは内部組織が緻密なため内部応力が大きくなり ,強度低下は著しいといわれている<sup>2)</sup> .しかし ,本研究で作製した CON-30 の健全部における強度 (曲げ強度約 8.0N/mm<sup>2</sup> ,圧縮強度約 60N/mm<sup>2</sup> )は ,CON-50 (曲げ強度約 6.7N/mm<sup>2</sup> ,圧縮強度約 40N/mm<sup>2</sup> )とさほど差がないため ,著しい強度低下には至らなかったと推測する .

次に図 3b)より ,SFRC-50 の最も低い曲げ強度残存率は 53% (450mm )となり ,同じ水セメント比である CON-50 より高い残存率を示していることが確認された .SFRC はひび割れ抑制効果及びひび割れ開口に対する抵抗性に優れているため<sup>4)</sup> ,供試体下面のひび割れを抑制し内部組織の緩みも緩和されたと考えられる .

### 3.2 圧縮残存強度の検討

図 4 に CON-30 ,CON-50 の圧縮強度分布と曲げ強度分布を示す .図 4a)より ,圧縮強度と曲げ強度の低下傾向は若干の差異はあるがほぼ一致することが確認できた .しかし ,図 4b)において ,曲げ強度で健全部と判断した 700mm より風上側の圧縮強度に対して ,加熱を受けている部分の圧縮強度が同程度以上の値を示したため ,圧縮強度分布の傾向を把握することはできなかった .これは ,圧縮試験の際に用いた切片が ,直接加熱を受けた部分と健全な部分を合わせ持っていたため ,圧縮強度の正確なデータが得られなかったと考えられる .

## 4. まとめ

本研究では高温加熱を受けたコンクリートの残存強度について検討した .これより得られた知見を以下に示す .

- ・温度上昇に伴い発生するひび割れは ,強度低下の要因であることがわかった .また ,高温加熱によりコンクリートの主成分である炭酸カルシウムの分解が起こり<sup>3)</sup> ,コンクリートの密度が低下したことも強度低下の要因の 1 つであると考えられる .

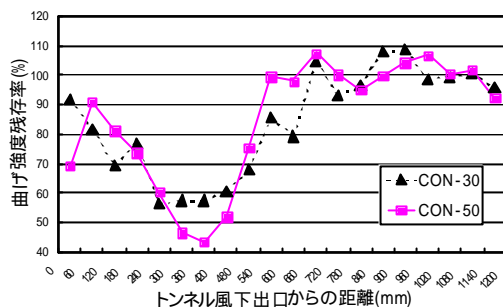
- ・受熱温度が 100 を超えると ,コンクリート内部組織に緩みが生じたことで強度が低下する傾向がみられた .

- ・各供試体の最も低い強度残存率は ,CON-30 で 56% ,CON-50 で 44% ,SFRC-50 で 53% であった .

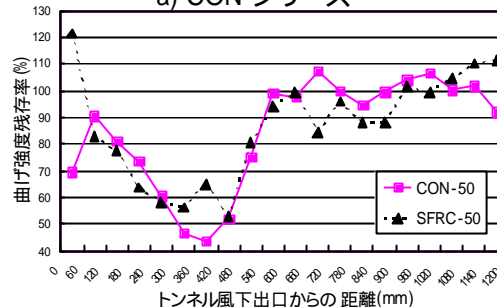
- ・SFRC は ,ひび割れ抑制効果及びひび割れ開口に対する抵抗性<sup>4)</sup> により ,供試体下面のひび割れを抑制しコンクリート内部組織の緩みを抑えたため ,曲げ強度の低下を緩和する効果が確認された .

### 【参考文献】

- 1) Memorial Tunnel Fire Ventilation Test Program Test Report ,Bechtel/Parsons Brinckerhoff ,November 1995 , pp.8.41-8.43 ,p8.32
- 2) 社団法人 土木学会 :コンクリート構造物の耐火技術研究小委員会報告ならびにシンポジウム論文集 ,pp.4-5 , p48,p64,p178,2004
- 3) 社団法人 日本コンクリート工学協会 :コンクリート構造物の火災安全性研究委員会報告書 ,p.94,p.103,2002
- 4) 社団法人 土木学会 2002 年制定コンクリート標準示方書[施工編] ,p.295,2002

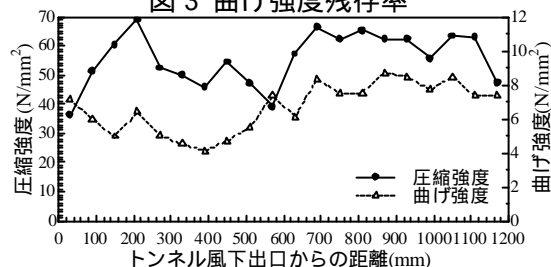


a) CON シリーズ

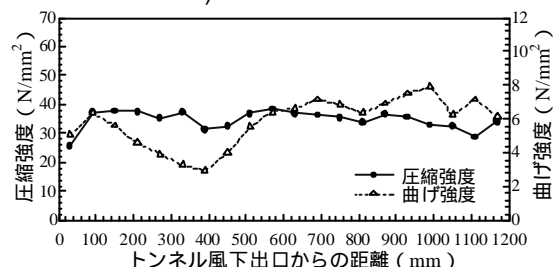


b) SFRC-50 及び CON-50

図 3 曲げ強度残存率



a) CON-30



b) CON-50

図 4 圧縮強度と曲げ強度関係