

# 高温加熱が RC 梁の曲げ性状に及ぼす影響

学生氏名 池田明子

指導教員 栗原哲彦 吉川弘道

## 1. はじめに

土木構造物であるトンネルの火災発生件数は年々増加の傾向を示し、トンネル火災が発生すると爆裂による断面欠損や鉄筋の損傷などが起こることが報告されている<sup>1)</sup>。それを受け、コンクリートの耐火性能の見直しが必要となっているが、コンクリートのみならず内部にある鉄筋を考慮しながら評価を行うことが必要である。そこで本研究は、RC 梁を対象とした加熱実験を行い、鉄筋の受熱温度に着目しながら RC 梁の曲げ性状に及ぼす影響を確認する。

## 2. 実験概要

本実験は高温加熱を行った供試体と非加熱供試体の荷重 - 変位曲線を比較することで力学特性への影響を把握する。また、鉄筋の受熱温度を変化させることに伴い発生するひび割れや荷重 - 変位曲線に生じる違いを確認する。

### 2.1 試験体緒元

本研究は鉄筋の受熱温度をパラメータとし評価を行うため、かぶり厚を変化させて鉄筋の受熱温度を変化させることとした。本実験で用いたかぶり厚は 10mm、15mm、20mm の 3 種類とした。RC 梁供試体寸法は、高さ 100 × 幅 70 × 長さ 700 (mm) とした。表 1 に配合表を示す。供試体は各かぶり厚で加熱用と非加熱用の 2 体ずつ、計 6 体を用意した。せん断破壊防止のためにスターラップを 100mm 間隔で計 6 本設置した。図 1 に配筋図を示す。加熱用供試体には載荷時の曲げモーメントスパン内の引張鉄筋の中心位置に 1 箇所、そこから両側に 25mm 間隔で 4 箇所、両側の鉄筋で計 10 箇所埋め込み型の K 型熱電対を設置し鉄筋の受熱温度を測定できるようにした。

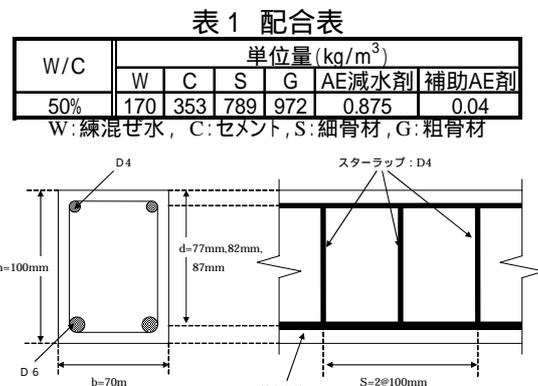


図 1 配筋図

### 2.2 実験方法

本実験では、昨年度作製したトンネル火災を再現できる加熱システム<sup>2)</sup>を用いて加熱した。トンネル天井部に相当する部分に RC 梁供試体を設置して、1 時間加熱をした。なお、昨年度の加熱システムでは、幅 200 × 長さ 1200mm の供試体を想定しているため、長さ 1200 × 幅 100mm 以上となるように RC 梁の周りを無筋の供試体で囲んだ。図 2 に加熱時の供試体及び火源設置位置、K 型シーブ熱電対設置位置を合わせて示し、図 3 に K 型熱電対のポイント番号を示す。火源の燃料である灯油の不完全燃焼を防ぐために一定量の送風を行った。火源はシステムの風下より 550mm 地点に設置し、RC 梁の中心を火源より 150mm 風下側に設置した。また、K 型シーブ熱電対で加熱時の温度履歴を測定した。それに加え、供試体作製時に埋め込んだ K 型熱電対にて加熱時の鉄筋の受熱温度を測定した。

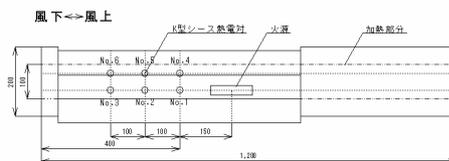


図 2 熱電対設置位置

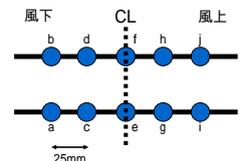


図 3 熱電対設置番号

加熱終了後に加熱供試体のひび割れを目視によって確認し、スケッチを行った。その後、4 点曲げ試験(載荷支点間距離 600mm、純曲げ区間距離 100mm)を実施し、荷重及び載荷点変位(4 箇所)を測定した。

## 3. 実験結果

### 3.1 火災曲線及び鉄筋の受熱温度

図 4 に各供試体の最高温度を測定した火災曲線と鉄筋の最高受熱温度を測定したポイントの温度履歴を合わせたものを示す。各供試体の鉄筋の最高受熱温度はかぶり厚 10mm は Point c で 461、15mm は Point a で 522、20mm は Point d で 288 を測定した。かぶり厚を小さくさせることで鉄筋の受熱温度を上昇させようと試みたが、かぶり厚

key words: 鉄筋の受熱温度, かぶり厚, 火災曲線, ひび割れ, 荷重 - 変位曲線

15mmの方が10mmよりも高くなった。そこで、供試体を切断しかぶり厚が確保できていたかを確認したところ、かぶり厚15mmは実際には10mm程度になっていた。よって、かぶり厚の変化によっては鉄筋の受熱温度を变化させられなかったが、火災曲線の違いによって受熱温度を500程度と300程度に変化させることができたといえる。

### 3.2 ひび割れ性状

図5に供試体の風下側を0mmとした加熱後下面のひび割れスケッチを示す。かぶり厚10mmと15mmでひび割れ数の差はほとんどないが、20mmでは減少しているのがわかる。しかし、図4からわかるように、かぶり厚20mmの供試体の火災曲線は明らかに他のものよりも低かったため、火災曲線の変化に伴ってひび割れ数は変化すると考えた。ここで、一般に500になるとセメントペーストは崩れやすくなっており、

骨材が劣化を起し始める<sup>3)</sup>ことや、急激な温度上昇の加熱を受けると加熱表面と内部とで大きな温度差が生じ、熱膨張に差が生じることでひび割れを起すため、コンクリートの受熱温度が大きな要因だと推測した。ひび割れは供試体全体に発生しているが、図5中に示すようにスターラップ設置箇所にもひび割れが確認できた。これより、スターラップは引張鉄筋よりも下に配置されているため加熱を受けやすく鉄筋が膨張しひび割れが生じたと推測した。

### 3.3 荷重 - 変位曲線

図6に荷重 - 変位曲線を示す。全ての加熱供試体において明確なひび割れ発生ポイントが読み取れなかった。これは、既に加熱によってひび割れが生じていた影響であると考えられる(3.2 参照)。主鉄筋降伏点までの勾配に着目すると、加熱供試体は非加熱供試体よりも若干ではあるが傾きが小さい。これは、3.2で述べたひび割れと材料劣化が要因で剛性の低下につながったと推測した。最大耐荷力の比較を行うと、加熱供試体の方がわずかに低下していた程度なので、加熱による最大耐荷力に与える影響は少ないとわかった。これは、加熱冷却後に鉄筋の降伏点や引張強度が低下する600程度<sup>4)</sup>に達していなかったことと、圧縮側のコンクリートは温度上昇が小さかったと推測できるためコンクリートの圧縮強度が低下していなかったことが要因だと推測した。また、本実験では高温を測定したのは1ポイントであり、鉄筋全体を高温にできていなかったことも関係していると思われる。かぶり厚20mmの主鉄筋降伏荷重は、加熱供試体が16.5kNであり、非加熱の14.4kNを大きく上回ったため、降伏荷重の増加が確認できた。既往の研究より、主鉄筋の降伏荷重は600までは増加することという報告があり<sup>4)</sup>、今回は288であったため増加を示したといえる。

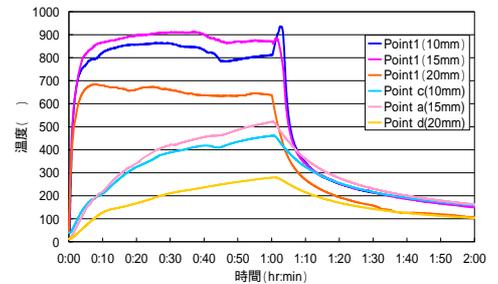


図4 火災曲線と受熱温度

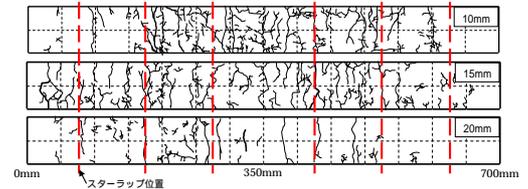


図5 ひび割れスケッチ

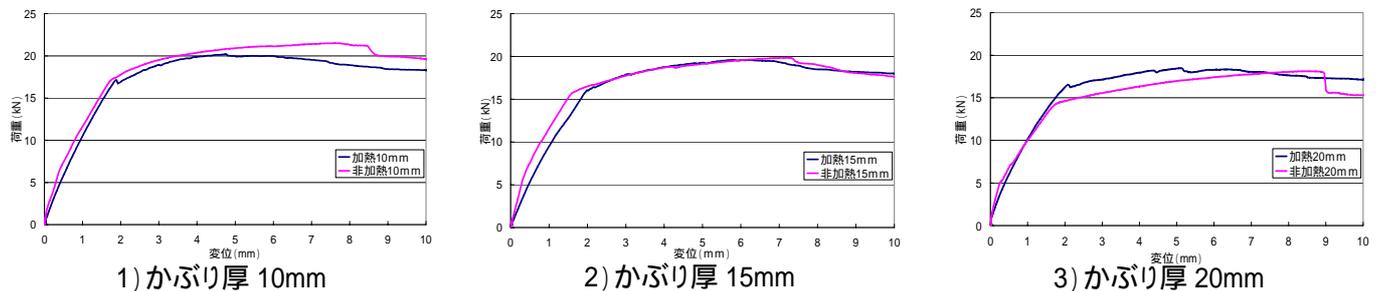


図6 荷重 - 変位曲線

## 4. まとめ

以上より、高温加熱がRC梁の曲げ性状に及ぼす影響を検討した結果、加熱後に観察したひび割れは材料劣化や熱膨張の差で生じたものが多い中、鉄筋の熱膨張が要因と思えるものが確認できた。さらに、鉄筋の受熱温度が500程度までは、剛性の低下が確認できたが、最大耐荷力の低下はほとんど見られなかった。主鉄筋の降伏荷重は、鉄筋の受熱温度が300程度までなら増加することがあることを確認できた。

### 【参考文献】

- 1) 土木学会: コンクリート構造物の耐火技術研究小委員会ならびにシンポジウム論文集, pp. 275-280, 平成16年
- 2) 岡田稔, 佐野俊平, 角和憲, 沼康徳: 模擬トンネルを用いたコンクリートの耐火性能評価, 卒業論文, pp. 20-24, 平成16年度
- 3) 財団法人 原子力発電技術機構: [http://www.nupec.or.jp/database/paper/paper\\_12/p12\\_plant/R12-05-27.htm](http://www.nupec.or.jp/database/paper/paper_12/p12_plant/R12-05-27.htm)
- 4) 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, pp. 126-127