

鉄道構造物火災後の損傷評価方法の検討

東海旅客鉄道株式会社	正会員	○佐藤 浩二
東海旅客鉄道株式会社	正会員	下村 勝
東海旅客鉄道株式会社		村上 喜英
財団法人 鉄道総合技術研究所	正会員	鶴田 孝司
株式会社 ジェイアール総研エンジニアリング	正会員	佐野 弘幸

1. はじめに

RC構造物が火災により損傷した場合は、速やかにその損傷状況を評価し、損傷の状況に応じた補修・補強または、取替え等を行う必要がある。昨年度の報告^{*1}より、火災後の損傷評価はテストハンマー強度の残存率で把握できることがわかってきた。そこで、RC構造物の損傷程度を現場にて非破壊で定量的に評価する手法を確立するために、実構造物から採取したサンプルを種々の条件で加熱・冷却して力学性状の低下を調べ、損傷程度を定量的に把握する非破壊検査手法を検討した。本報告では、これらの実験により得られた成果を用いた評価方法の提案について報告する。

2. 実験方法

実験は、マッフル炉により正確な加熱を行って強度・静弾性係数の変化を把握するための要素実験と、実際の火災を模して加熱した場合の損傷状況を把握するための試験体実験の2種類を行った。

(1) 要素実験

要素実験は、実構造物のラーメン高架橋のスラブ部分よりφ100×200(mm)のコアを採取し、下記に示す方法で加熱冷却を行った。加熱方法は3条件（800℃、500℃、300℃）とし、冷却方法は散水急冷することとした。加熱前と加熱後のシュミットハンマー強度を測定した。非加熱のコアと加熱後のコアについては、圧縮強度試験を行い、圧縮強度と静弾性係数を測定した。

(2) 試験体実験

試験体実験は、実構造物のラーメン高架橋のスラブ部分を切り出し、幅約700(mm)×奥行き約700(mm)×厚さ約250(mm)に成形し、下記に示す方法で加熱冷却を行った。加熱には輻射式のガスバーナー（メタルニットバーナー）を用いた。加熱方法は4条件（800℃60分、800℃15分、500℃60分、500℃15分）とし、冷却方法は過熱面を散水急冷することとした。加熱面と垂直な位置にφ10(mm)の貫通孔を開けて内部温度を測定するため、熱電対を設置した。加熱前と加熱後のシュミットハンマー強度を測定した。

3. 実験結果

(1) 要素実験結果

加熱前後のシュミットハンマー強度については、昨年度は300℃と500℃の残存率に違いは見られたものの差異は小さかった。300℃の傾向は、昨年度と類似しているが500℃の残存率は大幅に低下している(図1参照)。

静弾性係数と圧縮強度については非加熱試料の値に対する加熱後の値の比率を求めて、残存率として比較した。

$$\text{残存率} = \frac{\text{加熱後の値 (強度・静弾性係数)}}{\text{加熱前の値 (強度・静弾性係数)}}$$

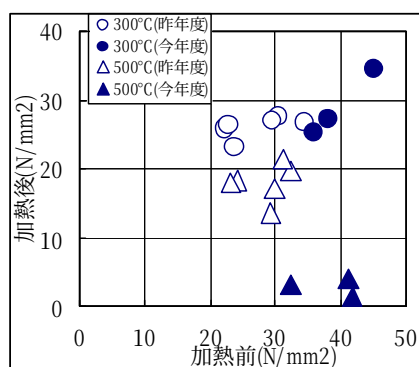


図1 要素実験結果（テストハンマー強度）

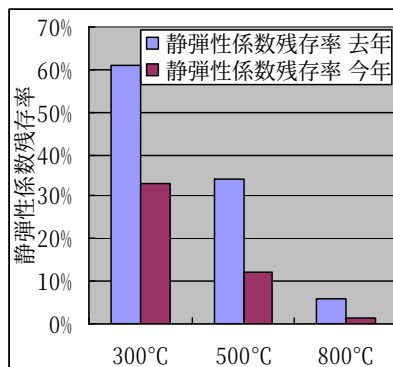


図2 要素実験結果（静弾性係数残存率）

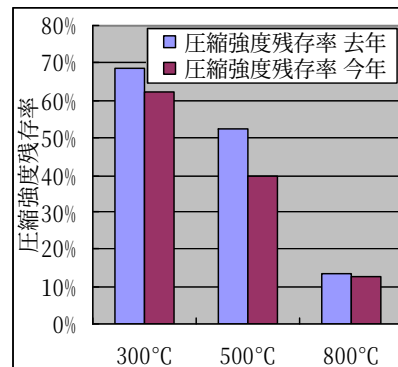


図3 要素実験結果（圧縮強度残存率）

キーワード 火災、加熱実験、シュミットハンマー、圧縮強度残存率

連絡先 〒100-0005 東京都千代田区丸の内1-9-1 丸の内中央ビル5F 東海旅客鉄道株式会社 TEL.03-5218-6274

静弾性係数は、全ての加熱条件で昨年度より残存率が大幅に低下した(図 2 参照)。圧縮強度は、全ての加熱条件で昨年度より残存率が低下しているが、その差は小さい。500℃の加熱により概ね 50%程度の残存率となった(図 3 参照)。

(2) 試験体実験結果

要素実験の結果より、コンクリートの受熱温度が 500℃に達した場合、強度・静弾性係数共に 50%程度の低下となり、構造上の耐力低下も考えられることから、500℃到達深さに着目してデータ整理をおこなった。各加熱条件における試験体内部温度の変化より、500℃温度到達深さを求めた。また、その時のテストハンマー強度残存率を集計し、500℃と到達深さとテストハンマー強度残存率の関係を調べた。この結果、テストハンマー強度の残存率が 80%程度以上あれば 500℃到達深さは 10(mm)程度以下であり、40%程度であれば到達深さが 50(mm)程度になることがわかった。

4. 構造物の健全度評価

鉄道構造物は、火災発生時に列車の走行が制限されるため、載荷荷重は小さく比較的構造上安定であると考えられる。健全度の検討は、ラーメン高架橋が被災した状態で、列車を複線積載しても耐力やたわみの制限値を維持できるかで評価を行う。ここでは 500℃到達深さまでのコンクリート断面は欠損したものと想定し、欠損部に含まれる鉄筋については考慮しないものと仮定した状態で各部位の耐力と変形性能を評価して健全度を検討した。損傷状況を、無損傷、50(mm)損傷、75(mm)損傷、100(mm)損傷と仮定したときの耐力照査結果およびたわみの検討結果を示す。

線路方向は、100(mm)の損傷を仮定しても、部材耐力上は問題なく、たわみも制限値内となった。これは、線路方向は多径間構造であるため不静定次数が高いためと考えられる。

線路直角方向は、損傷が 75(mm)以上に達すると中央スパン部の部材降伏が生じる可能性があるとともに、たわみに関しても乗り心地などの制限値を超える可能性がある。その場合にはより詳細に損傷度を把握し、慎重に評価する必要があることがわかった。

5. まとめ

火災後の構造物の健全度は、シュミットハンマー強度を測定することにより、被災前後の強度比較で評価することができるようになった。実験では、被災前のシュミットハンマー強度を基準としていたが、実構造物に適用する場合は、予めシュミットハンマー強度を測定することが望ましい。しかしながら、実状として被災前の構造物の測定データを管理するのは困難である。

多くの火災の事例を見ると、構造物全長に渡って激しく被災することは稀であり、消火後に被災していない部分を測定して被災前の基準として代用することができると考えられる。今回の検討は、コンクリート圧縮強度の損傷を重点的に検討したが、今後は単純梁などの鉄筋の付着劣化に対する検討も行っていく必要があると考えている。

参考文献 *1:既存鉄道構造物火災後の損傷評価方法の検討(その 1)(その 2),2004 年 9 月,下村,岩澤ら

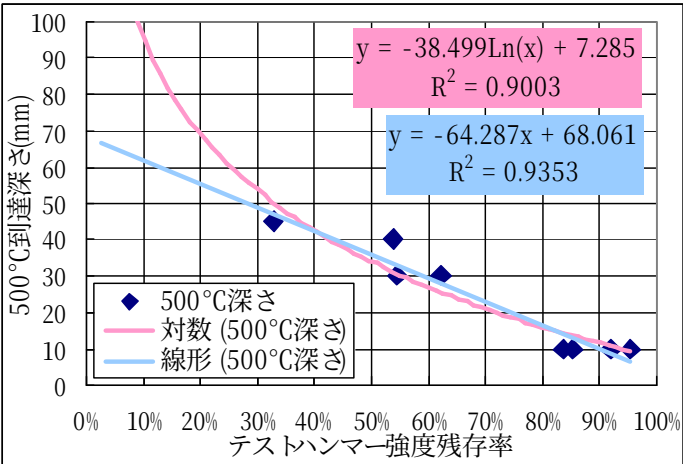


図 4 テストハンマー強度残存率と 500℃到達深さの関係

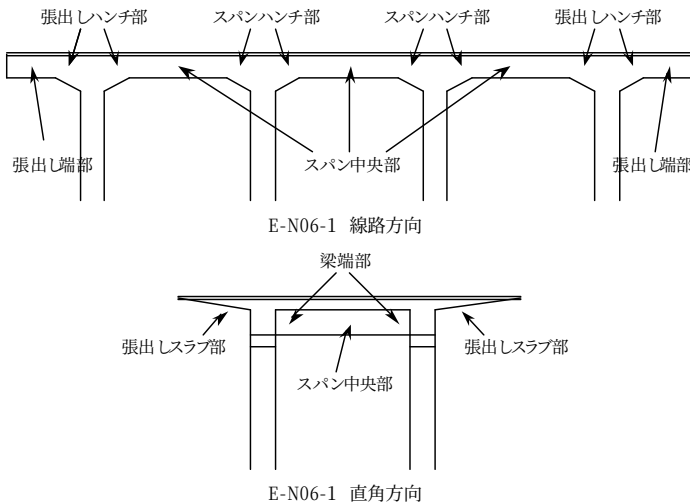


図 5 健全度の検討対象構造物

表 4 500℃到達深さと構造物健全度評価(線路方向)

想定損傷 部材	活荷重+死荷重			
	張出し(左)	張出し(右)	梁部	たわみ
無損傷	○	○	○	○
50(mm)	○	○	○	○
75(mm)	○	○	○	○
100(mm)	○	○	○	○

凡例 ○ :問題なし △ :要詳細調査
たわみの検討は無損傷死荷重状態のたわみ量との差分で検討

表 5 500℃到達深さと構造物健全度評価(線路直角方向)

想定損傷 部材	活荷重+死荷重			
	張出し(左)	張出し(右)	梁部	たわみ
無損傷	○	○	○	○
50(mm)	○	○	○	○
75(mm)	○	○	△	△
100(mm)	○	○	△	△

凡例 ○ :問題なし △ :要詳細調査
たわみの検討は無損傷死荷重状態のたわみ量との差分で検討