

### 車両火災による鋼製高架橋の変形解析

東京大学	学生会員	○肥田 隆宏
東京大学	フェロー	藤野 陽三
東京大学	正会員	長山 智則
東京大学	正会員	蘇 迪

#### 1. はじめに

2008年8月首都高速5号池袋線におけるタンクローリーの横転炎上事故で上部の高架橋に大きな損傷が発生したように、火災によって橋梁が被害を受ける事例が発生している。このような火災による人的被害はこれまであまり大きいものではなかったため、火災への対策はほとんど行われてこなかった。しかし、重要な社会インフラである橋梁が使用不可能になることによる社会的な影響は非常に大きい。そのため火災によって発生する損傷の程度を推定し、火災対策の必要性を判断していくことが必要とされている。

そこで本研究では特に火災による影響が大きい鋼製の高架橋を対象に、有限要素解析によって伝熱・変形解析を行い、構造物の損傷を評価する。

#### 2. 高温時の材料特性の仮定

大規模な火災では鋼材の温度が1200℃以上の高温となる。伝熱・変形解析に必要な弾性係数などの材料特性は温度によって変化するが、鋼材では実験値が750℃程度までしか得られていない<sup>1)</sup>。そのため750℃以上について、弾性係数は溶解温度から1500℃で0とするなど現実に近いよう図1のように仮定した。同様に応力とひずみの関係も図2のように仮定した。

#### 3. 有限要素解析を用いた伝熱変形解析

タンクローリー事故の火災規模を燃焼時の様子やガソリンの燃焼性質から火源面を18m×3mの長方形、高さ8.9m、温度1200℃、燃焼時間90分と推定し、これを熱源として構造物への影響を実際の事故現場において解析を行い求めた。また事故発生頻度が高い場所で、鋼製橋脚の2層構造となっている高さの異なる2つの高架橋A・Bについても同様の解析を行った。下層路面から上層までの高さは高架橋

Aは5~6m、高架橋Bは9~10mである。3箇所とも下層の橋脚近くで火災が発生したものとして解析を行った。

解析は汎用有限要素解析プログラムABAQUSを用いてを行った。まず放射熱伝導と対流熱伝導による伝熱解析を行い、求めた温度分布を用いて弾塑性解析により変形を求めた。変形解析では微小変位を仮定した線形解析と大変形を考慮した幾何学的非線形解析の2通りで解析し、結果を評価した。なお、すべての解析において物性値の温度依存性、材料非線形性を考慮したが、クリープなどの時間依存性については考慮していない。

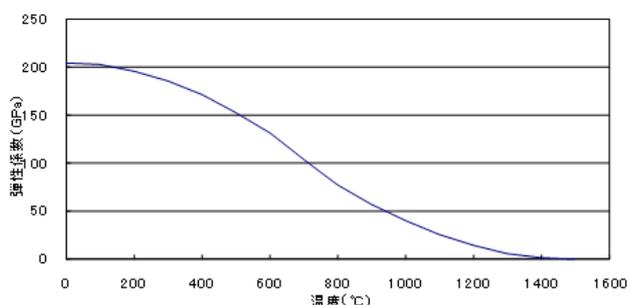


図1 鋼材(SS400)の弾性係数

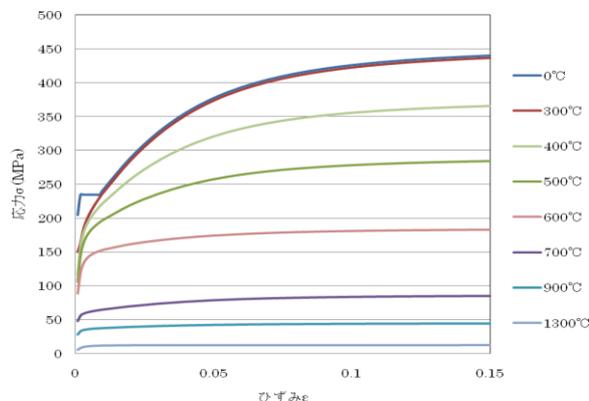


図2 鋼材(SS400)の応力ひずみ関係

キーワード 火災, 鋼製高架橋, 有限要素解析

連絡先 〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1 TEL03-5841-6097

### 4. 解析結果

事故現場を想定した伝熱解析では火災時の部材温度の推定される値と整合的な結果が得られた。変形は線形解析においてはたわみが通常時の約 40 倍となり支承部で塑性ひずみが進行していることがわかった。幾何学的非線形解析においては大きな変形が生じた場合にリメッシュするなどの対策を行わなかったため解析が途中で中断してしましたが、面外変形が最大 20 cm 以上になるなど座屈等の大きな変形が起きる可能性が高いことがわかった(図 3)。これらから支承部で座屈が起きる可能性が高いと判断できる。実際には支承部が座屈しており、この解析によって損傷を推測できると考えられる。

図 4, 図 5 に高架橋 A・B の伝熱解析の結果を示す。また図 6, 図 7, 図 8 に示した変形解析の結果から、高架橋 A では大きな変形が生じ崩壊の危険性が非常に高いことが、高架橋 B では広い範囲で比較的大きな損傷を受けるが崩壊までは至らない可能性が高いことがわかった。これは下層路面から上層までの高さの違いよると考えられる。火災の高さを 8.9m としたことから、火災によって横梁が包まれた高架橋 A では横梁の耐力が低下し上層の自重によって崩壊に至り、火災が横梁まで達していない高架橋 B では崩壊を免れた。

### 5. まとめ

本研究では高温時の鋼材の材料特性を仮定し、有限要素解析による伝熱解析と変形解析によって火災を受ける高架橋の影響を検証した。事故現場を想定

した解析を行い、さらに高さの異なる 2 つの高架橋に適用することによって火災高さに対して低い高架橋は大きく変形する可能性があることがわかった。この解析を利用することで火災の被害が大きいと考えられる橋梁を抽出し対策を施すことが可能になると考えられる。

今後、大変形を十分に再現できるよう幾何学的非線形解析の精度を向上させることや、耐火被覆等の対策の効果を検証することなどが課題となる。

### 参考文献

- 1) 社団法人 日本建築学会：構造材料の耐火性ガイドブック 2004.11 pp.87-97

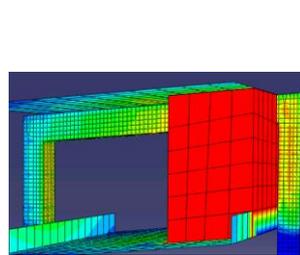


図 4 伝熱解析(高架橋 A)

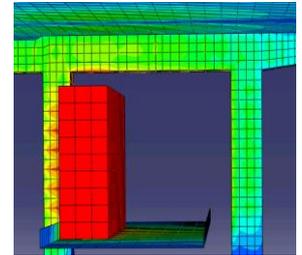


図 5 伝熱解析 (高架橋 B)

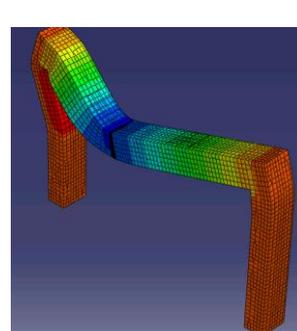


図 6 線形解析による鉛直変位 (高架橋 A)

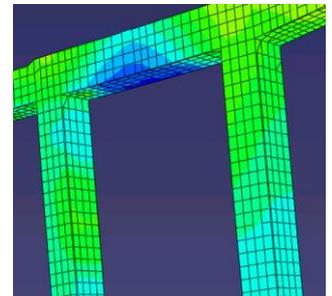


図 7 線形解析による鉛直変位 (高架橋 B)

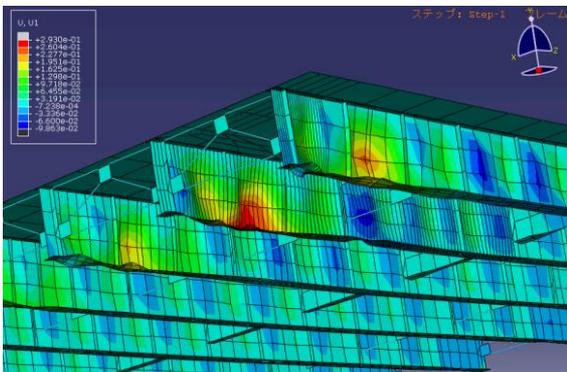


図 3 非線形解析による面外変形

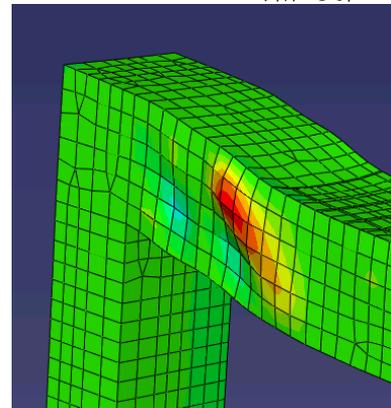


図 8 非線形解析による面外変形 (高架橋 A 橋脚)