

東京大学工学部 学生員 佐野泰如

東京大学工学部 正会員 藤野陽三

東京大学工学部 正会員 木村吉郎

1. はじめに

阪神大震災の例を挙げるまでもなく、都市部での大地震は大きな被害を生じさせる可能性がある。ところで大地震時には火災発生の可能性が大きいことから、火災時の土木構造物の変形の可能性を明らかにしておくことは重要であると考えられる。そこで本研究では、特に都市内高架橋の代表である東京都内首都高速道路を対象とし、周辺地域の木造建物の分布を調査し、鋼製1桁高架橋の火災に対する安全性の検討を行った。なお、木造建物の火災のみを考慮したのは、火災時において木造建物は熱を周囲全体に伝達するので、高架橋の熱変形に及ぼす影響が最も大きいと考えられるためである。

2. 木造建物分布の調査

まず初めに東京都都市計画局より出されている木造建物棟数図、火災危険度図と首都高速道路路線図を比較検討することにより、路線周辺にある危険地域を大まかに把握した。この結果を考慮しつつ、都内の路線について現地調査を行い、さらに首都高速道路沿道平面図を用いて木造建物と高架橋との距離、木造建物の密集度を指標として路線周辺の木造建物分布のランク付けを行った。ランク付けは、基本的には表1に示す距離を基準として行うが、密集度の低いものについては一つランクを落として分類する方法で行った。よってランク1が火災による変形危険性が最も高いことになる。

表1 ランク付けの基準

	ランク1	ランク2	ランク3
距離	0 - 5m	5 - 20m	20m - 40m

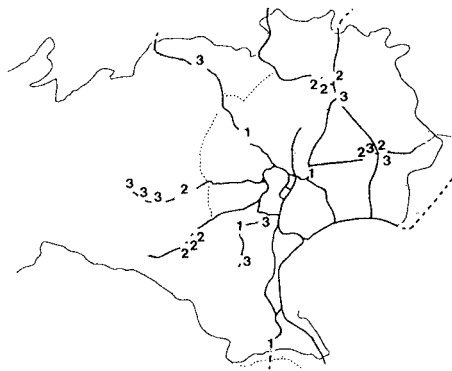


図1 調査結果

調査結果を図1に示す。図中に書いてある数字はランクを表す。ランク1の危険度の高い地域がある路線は1号羽田線の羽田付近、2号目黒線の天現寺付近、5号池袋線の護国寺付近、6号向島線の浜町付近であることが分かった。ランク2、ランク3の地域も細かく分布しているが、以下では最も危険性の高いランク1を対象に変形量の解析を行うこととした。

3. 火災による変形の解析方法

解析は2つのケースについて行う。図2のように、1つは無風時で火源が高架橋のごく近くに存在し、輻射による伝熱が主たる場合（ケース1）、もう1つは有風時で火炎が傾き対流による伝熱が主たる場合（ケース2）である。

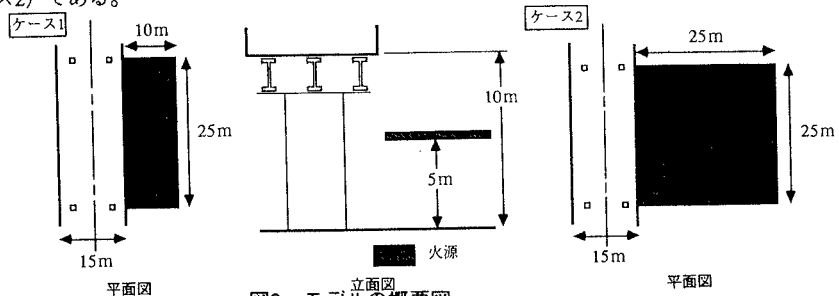


図2 モデルの概要図

輻射伝熱は次の式(1)により¹⁾、対流伝熱は横井の理論²⁾に基づいて算出した。

$$Q_{12} \equiv \varepsilon_1 \varepsilon_2 A_1 F_{12} \sigma (T_1^4 - T_2^4) \quad (1)$$

Q_{12} : 面1から面2への放射伝熱量

ε : 輻射率, A : 放射面の面積, F_{12} : 面1から見た面2の形態係数

σ : Stefan - Boltzman定数

また風による炎の形状の変化はThomas, Pikard, Wrightらによる式より求めた¹⁾。

解析の対象としたのは図3のような単純なI型の鋼桁（スパン長25m）で、これは高架橋桁の火源に最も近い主桁を想定している。鋼桁と火源との位置関係は安全側の設定として図2の概要図に示すものを用いた。なお、ケース2については強風時の延焼火災を想定しているため火源をより面的に広がっているものとした。また単位面積当たりの可燃物量を130 kg/m²、可燃物（木材）1 kg 当たりの発熱量を3600 kcal とした。

まず、桁の軸方向の材質性状、温度分布一定の仮定の下で2次元熱伝導解析を行った。次にこれより得られる断面の平均温度および最高温度におけるヤング率を断面全体に用いた場合のたわみを、表2の荷重条件（道路が渋滞している場合を想定）について求めた。なお、熱膨張による垂直方向の変形は考慮していない。ヤング率 E_T の温度 T_S による変化はECCS耐火設計基準・デザインマニュアルの提案式³⁾である式(2)により算出した。

$$E_T = 2.1 \times 10^6 \left[-17.2 \times 10^{-12} T_S^4 + 11.8 \times 10^{-9} T_S^3 - 34.5 \times 10^{-7} T_S^2 + 15.9 \times 10^{-5} T_S + 1 \right] \quad (2)$$

表2 荷重条件

断面2次モーメント (cm ⁴)	荷重 (kg/m)			
	コンクリート	鋼材の自重	自動車	合計
2251316	1823	427	2433	4683

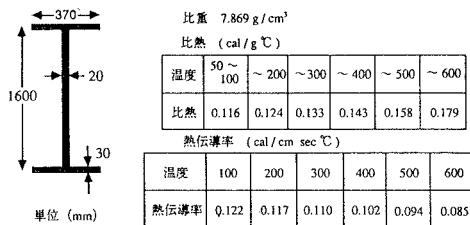


図3 I桁の諸元

4. 解析結果

解析結果を表3に示す。この結果を見ると、最高温度でも550℃であり、極端な温度上昇は見られない。また全断面が最高温度となったとしても変形は11.6cmであり、高架橋上の交通困難にさせるほどのものは思われない。よって本研究のモデルについて言えば、火災により過大な変形の生じる危険性は少ないと考えられる。

表3 解析結果

	温度 (℃)	変形 (cm)	割合
通常状態	25℃	5.024	1.00
ケース1平均温度	445℃	6.683	1.33
ケース2平均温度	283℃	5.443	1.08
ケース1最高温度	550℃	11.6	2.31
ケース2最高温度	450℃	6.769	1.35

5. まとめ

まず、調査を行うことにより東京都内首都高速道路沿道における火災時の危険度の高い路線部分を明らかにすることができた。主桁の熱変形解析については、十分安全側で行っているが大きな変形は生じないという結果となった。しかしながら、鋼鉄の剛性が600℃付近では大幅に減少すること、さらに火炎の距離が10cm近づくると変形が41cmと急激に大きくなるという結果も出ていることなどから、火災性状の不確定さを考えると、一概に安全であるとは言い切れないと思われる。

<参考文献>

- 1) 火災便覧（新版）：日本火災学会編 共立出版 1984. PP103 - 111, 152.
- 2) 横井鎮男 : 建築物の火炎気流による延焼とその防止に関する研究
建築研究報告, No.34, 1960.
- 3) 建築物の総合防火設計法（第4巻耐火設計法）：財団法人 日本建築センター PP119 - 121.