

地震火災における延焼と消火モデルの構築に関する研究

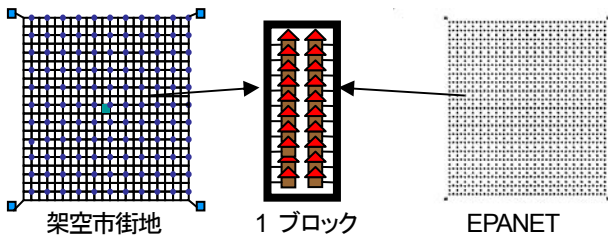
京都大学 学生員 ○大西 則仁
 京都大学 正会員 Charles Scawthorn

1. 概要

大地震が発生した場合、地震動の直接的な影響による被害とともに地震後の火災延焼による被害も大きい。そのため地震火災リスク削減を目的とした地震火災モデルの構築が必要である。本研究では、地震火災モデルの中で最も開発が遅れている消防作用に関しての検証を行って消防モデルを開発した。さらに東京消防庁が開発した出火モデル、延焼モデルと組み合わせ地震火災モデルを構築した。

2. 架空都市の設定

同様な規模の建物が格子状に規則正しく並んだ市街地を想定する。端点に配水地があり、120[m]間隔で消火栓が設置してある。黒線は道路と配水支線($L=60$ [m], $\phi=0.2$ [m], $C=130$)を表しており、黒線に囲まれた部位をブロックとして、ブロック内に20件の建物が存在する。配水支線から家屋に給水している水道管は給水管($L=5$ [m], $\phi=0.018$ [m], $C=130$)であり、水道管内の流量解析水ツールとしてEPANETを用いた。



3. 消火モデルの構築

本研究では、地震火災時の消防機能について以下の3点に着目し、検証を行い消火判定基準を決定した。ただし、全ての検証において消防車は0.6[m³/min]の放水が可能な場合のみ機能し、消火栓利用時は水道管内2[kgf/cm²]以上の水圧が必要であると設定している。

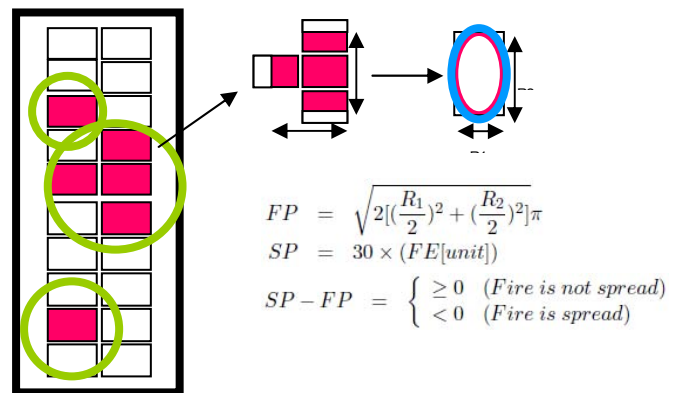
3-1. 消火判定基準

消防車による消火判定は火面周長(FP)と消火可能範囲(SP)で定義した。火面は実際の火災と類似させるため楕円形としている。また、消火可能範囲は1台あたりの消防車の消火可能範囲を30[m]と設定した。

3-2. 消火順序基準

同時多発火災が発生した場合における消防車の最も効率的な消火順序を検証した。本研究では、全ての建物(木造、

防火造、耐火造、崩壊)に延焼危険度指標(建物内延焼速度の逆数)を定義して、ブロック和をブロック延焼危険度とし、延焼危険度が高いブロック順に消火するモデルを構築した。さらにブロック内で縦横に連結している火災を1つのグループと考え、ブロック内における消火可能である最小のグループから消火する手法を考えた。延焼周辺は延焼半径に現段階での延焼範囲(建物で出火が確認されてから要した時間[t=n])/(建物全体が火に覆われるまでに要する時間[t=f])を乗じて計算した。



3-3. 消火水量基準

火災消火のために消防車が必要な水量を Demand、実際に取水できる水量を Capacity と定義し、水道管内の水量解析、圧力解析を行った。水道管内の水量変化としては変化量に大きく影響を与える給水管亀裂による漏水量と消火栓からの消防車の需要量の2点に絞った。漏水は家屋に接続している給水管のみから発生するとする。漏水を計算する指標は、Bernoulli 公式と Hazen-Williams 公式より算出でき、水道管の長さや直径と内部摩擦係数より導くことができる亀裂係数(K_e)と通常時の水道管内の水圧[4.5kgf/cm²]を用いた。また消火栓からの Capacity を求めるにあたり、給水管で漏水時の消火栓内の残存水圧と亀裂係数(K_a)と同じ性質を持つ排水係数を定め計算を行った。

$$Q = K_e \times P_D^{0.54}$$

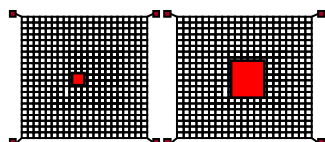
火災を受けた建物からは必ず漏水現象が発生すると仮定し、火災規模ごとの水道管内の水量変化、圧力変化を(a)漏水のみの場合と(b)漏水と取水の両方の場合の2パターンで検討した。

キーワード 地震火災, 消火モデル, 漏水, 消火水量基準

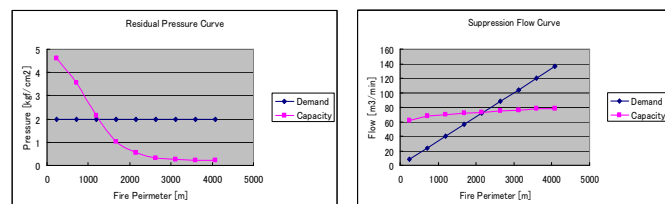
連絡先 〒615-8530 京都市西京区京都大学桂 工学研究科都市社会工学専攻 TEL.075-383-2056

Table 4.3 Pattern

Pattern	Fire block	Fire perimeter[m]	FH	Demand/Total[m ³ /min]
1	1	280	4	8
2	9	720	12	24
3	25	1280	20	40
4	49	1680	28	56
5	81	2240	36	72
6	121	2840	44	88
7	169	3120	52	104
8	225	3600	60	120
9	289	4080	68	136



消火判定基準として、消火栓での必要水量と残存水圧に焦点をあて、Demand と Capacity を比較したグラフを作成した。左図より残存水圧による消火判定基準を、右図より消火水量による消火判定基準を求めた。グラフの横軸は火面周辺[m]を表している。



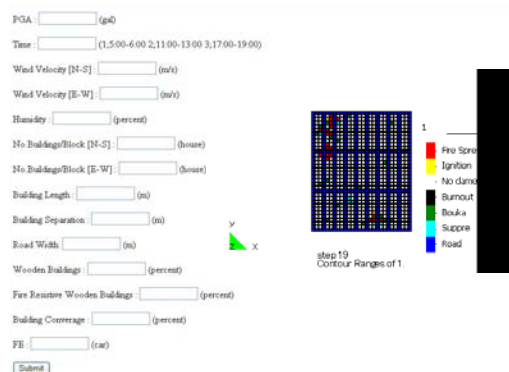
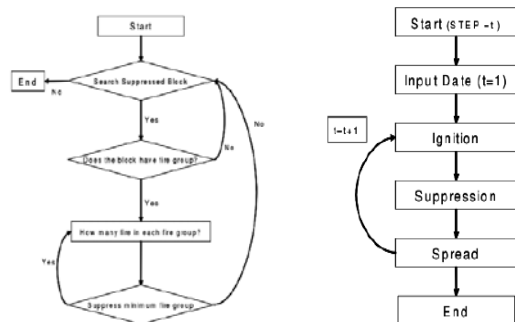
さらに架空市街地に消火栓以外の消防水利(140[m]間隔)も考え、消火栓が利用できなかった場合の消火判定基準も考察した。

Pattern	Pressure(FH)	Flow(FH)	Shortage[m ³ /min]	FH	non=FH	Sup
1	○	○	0	4	4	○
2	○	○	0	12	6	○
3	○	○	0	20	8	○
4	×	○	0	28	10	○
5	×	○	2.0	36	12	○
6	×	×	8.8	44	14	○
7	×	×	28.1	52	16	×
8	×	×	45.3	60	18	×
9	×	×	54.5	68	20	×

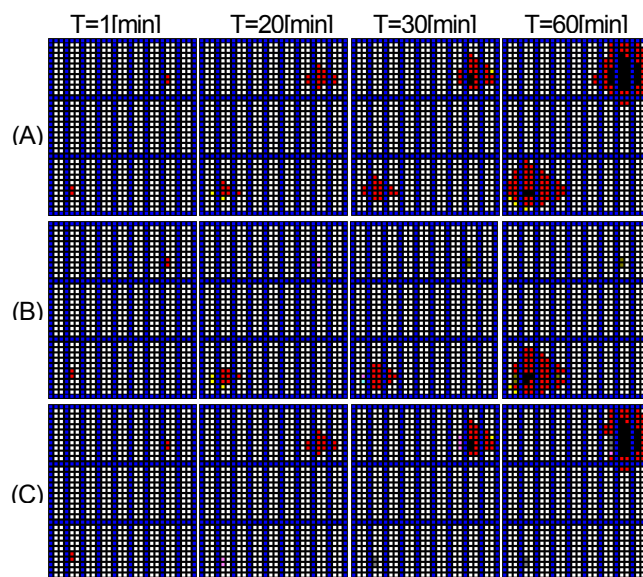
Pattern1-3 は水圧、水量ともに条件を満足している。Pattern4,5 は水道管に何らかの被害が生じてもいいなら消火栓のみからで消火可能である。Pattern-6 は消火栓水量のみでは消火は不可能であるが、他の消防水利を利用すれば消火することができ、Pattern7-9 は地上における消防水利のみでは消火が不可能であることを示している。

4. 地震火災モデルの構築

消火判定基準、消火順序基準を用いて消防モデルを構築し、東京消防庁が開発した出火モデル、延焼モデルと組み合わせて地震火災モデルを構築した。また変数入力画面を作成し、GiD 上でシミュレーションを行った。



消防署から近い地域と距離が離れているが延焼危険度が高い地域に同時に同数の火災を発生させて、消防順序の違いによる火災被害を検証した。消防署を左下に設定し、(場所、火災)=(2,2)と設定したシミュレーション結果を以下に示す。(A)は消火を行われない場合、(B)は延焼危険度順に消火を行った場合、(C)は消防署から近い順に消火する場合のシミュレーション結果である。消防署から最も近い火災から消火していく順序が最適であるという結果を得た。しかし、設定条件を厳しくする(応援消防車など)ことにより、延焼危険度順の方が最適と捉えることができるという結論に至った。



5. 結論

本研究では、3つの観点から消防運用に関する検討を行って地震火災シミュレーションモデルを構築した。以下に結論をまとめる。(1)火災規模ごとに消火栓から取水できる水量を検討して、消火栓から取水できる限界水量を示した。(2)市街地に戦略的消防運用(取水口)を示した。(3)戦略的消防運用(消防順序)を行うことにより、消火速度を高め、延焼範囲を削減できることを示した。