

5. 許容避難リスクと設計火源

リスク基盤の避難安全検証法は、建物火災に対する避難安全設計が許容レベルの避難安全性能を有していることを、性能的避難安全設計の枠組みの中で検証するための設計火源を提案することを目的としている。その設計火源は

‘許容避難リスク’ → ‘許容避難失敗確率’ → ‘設計火源’

を順次決定して行く手順で決定される。

設計火源が決定された後は、現行の避難安全検証法と同様に工学的予測計算法を用いて避難安全を検証すれば良い。

5.1. 設計火源の意味とは

先ず問題を明確にするために図 5.1 のような居室の避難出口の設計に関する簡単な例をとってみると、設計火源が過小ならどんな出口も OK、設計火源が過大ならどんな出口も NG となってしまう。どんな原理で設計火源を設定するかは結構難しい問題である。室用途が同じとすれば、避難者人数も出火率も室面積が大きいほど大きくなるにも関わらず、現行の避難安全検証法での火災成長係数 α は空間規模等によらず用途毎に一律の値である。つまり、避難出口の要求は、規模の小さい室には厳しい反面、大きい室では著しく緩いものになってしまう可能性がある。

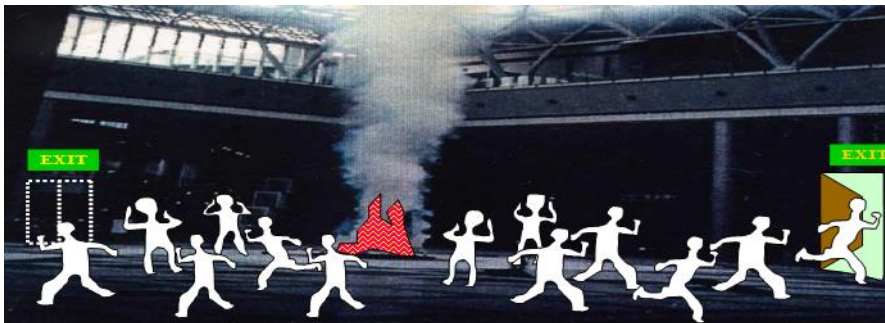


図 5.1 避難出口が適切であることを検証するために設計火源をどう選べば良いか

5.2. 火災時の避難リスク

‘避難リスク’ という語は幾分違和感のある語かも知れないが、リスクが何かしら良くないことが発生する危惧があることを言うネガティブな意味を持つ語であるから、ここで言う‘避難リスク’は、火災により発生する死傷者の期待値と考える。

ここでは避難リスクを R として、次式で定義する。

$$R = PC \quad (5.1)$$

ここに P : 避難を必要とするほどに‘危険な火災’の発生確率（小火など、避難行動の発生に至らない規模の出火は除く）

C : 危険な火災が発生した場合の死傷数の期待値（死亡や重傷に限らず、煙を吸い込む程度の軽傷も含む）

上記の P および C の定義は、建築物の性能的火災安全設計において、設計火源としては危険なレベルまで成長する火源が想定され、安全判定には‘煙に全く曝されない’あるいは‘ごく軽微にしか曝されない’ための基準が用いられることに対応している。

ここで、上記の避難リスク R を建築空間に適用する下記の議論において混乱を避けるために、任意の出火空間 K と避難対象空間 K について図 5.2 に図解しておく。一般に、建物の任意の空間(K とする)で火災が発生したとき、その火災による危険は、出火空間 K だけでなく建物全体に及ぶ可能性がある。従って、死傷者が発生する危険がある領域も避難安全設計も建物全体が対象となる。しかし設計作業の

複雑化を避けるため便宜上、居室避難、階避難、全館避難に分けて考える。その各々の場合に対象となる避難者数 $C_0(K)$ は、それぞれ出火室、出火階、出火建物の在館者数となる。以下では、出火空間 K における火災で避難が必要となる対象空間も K の記号で表している。

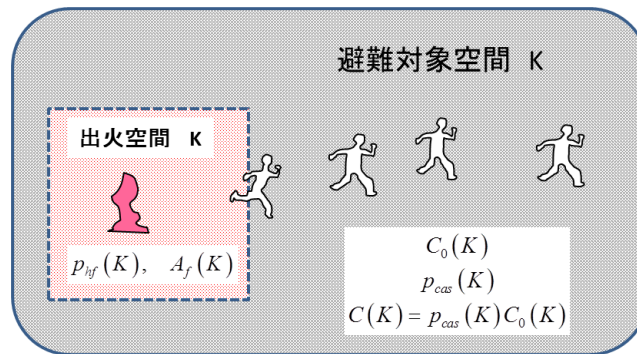


図 5.2 出火空間と避難対象空間

上記(5.1)の定義を任意の出火空間 K に適用すれば避難リスク $R(K)$ は

$$R(K) = P(K)C(K) \tag{5.2}$$

上式において、出火空間 K の出火率 $P(K)$ は出火空間の用途による出火特性と床面積に依存するとして

$$P(K) = p_{hf}(K)A_f(K)^{1/2} \tag{5.2a}$$

ここに、 $p_{hf}(K)$:出火空間 K における出火室の単位床面積当たり ‘危険な火災’ の出火率

$A_f(K)$; 出火空間 K における出火室の床面積

なお、 A_f に 1/2 乗の指数が掛かっているのは、出火率が出火空間の面積 A_f に対し、比例より緩やかな増加を見せる傾向があるためである (Annex 2 参照)。

また $C(K)$ については避難対象空間の在館者数 $C_0(K)$ と出火による死傷確率 $p_{cas}(K)$ の積として

$$C(K) = p_{cas}(K)C_0(K) \tag{5.2b}$$

のように書く。この $p_{cas}(K)$ の値を小さくすることが避難安全設計の役割であると言える。

5.3. 許容避難リスク

上記(5.2)から、任意の出火空間 K に対する避難リスク $R(K)$ は、次のように纏められる。

$$R(K) = P(K)C(K) = p_{hf}(K)A_f(K)^{1/2} \times p_{cas}(K)C_0(K) \tag{5.3}$$

ここでは、この避難リスク $R(K)$ の許容値について考える。

(1) 許容避難リスクの標準建物空間 (Benchmark building space)

任意の建物空間の避難リスク $R(K)$ は空間の用途や規模に関わらず、ある許容値 R_a を超えてはならないものとする。すなわち

$$R(K) \leq R_a \tag{5.4}$$

ここで問題となるのはこの R_a の値をどう定めたら良いかという点であるが、これは標準建物空間 (Benchmark building space) を選択すれば、その避難リスクに関わる値から定められる。

標準建物空間とは、ある程度火災の発生はあっても犠牲者は発生していても安全性を向上させる対策のコストや効果を考慮すれば、現状で満足すべきだと社会一般が判断するような建物空間である。この標

準建物空間として、ここでは戸建住宅を選ぶ。住宅は数が多く年間の火災による死傷者が最も多い建物でありながら、死傷者数は安定しており、避難上の法規制が殆どなく、規制の強化も議論されないことから、火災による避難リスクについて社会的に許容されているレベルにあると判断される（注 5.1）。

すると、戸建住宅の避難リスクを $R(H)$ として

$$R_a = R(H) = p_{hf}(H)A_f(H)^{1/2} \times p_{cas}(H)C_0(H) \quad (5.5)$$

従って、式(5.4)の関係を具体的に書くと

$$R(K) = p_{hf}(K)A_f(K)^{1/2} \times p_{cas}(K)C_0(K) \leq p_{hf}(H)A_f(H)^{1/2} \times p_{cas}(H)C_0(H) = R_a \quad (5.6)$$

(2) 設計ベースの許容避難リスク

式(5.6)は出火率も含む実際の避難リスクであるが、性能的火災安全設計では出火率は問題にせず、出火を前提として、そこから検討が始まる。そこで式(5.6)の左辺の出火率の部分を実数に置き、任意の空間 K の設計ベースでの避難リスク $R^D(K)$ とする。すなわち

$$R^D(K) \equiv p_{cas}(K)C_0(K) \leq \frac{p_{hf}(H)A_f(H)^{1/2}}{p_{hf}(K)A_f(K)^{1/2}} \times p_{cas}(H)C_0(H) = R_a^D(K) \quad (5.7)$$

式(5.7)の設計ベースの避難リスクは、対象空間の出火率の因子を既に右辺に取り込んでいるので、避難リスクは出火が起きたところから考えれば良い。この右辺は設計ベースでの許容避難リスクと考えればよいので、 $R_a^D(K)$ と書くことにする。

$A_f(H)$ は戸建住宅全体を1つの出火空間と見做して延べ床面積を取る。総務省統計局(2006)によれば、戸建住宅の延べ床面積の平均は126.4m² (H17年度)で、分布としては100-150m²が38.6%と最も多いが、150m²超のものも25.5%ある。 $A_f(H)$ を小さく取ると、法規上避難に関する制約が掛らない住宅が許容避難リスク $R_a^D(K)$ を超える矛盾が生じて不都合だが、 $A_f(H) = 175 \text{ m}^2$ ならばほぼ支障がないであろう（注 5.2）。

在館者密度については避難安全検証法の値を用いることとすれば、住宅の在館者密度 $\rho(H)$ は

$$\rho(H) = 0.06 \text{ 人/m}^2$$

また火災統計の調査に拠れば、一般住宅における危険な火災による死傷者発生確率 $p_{cas}(H)$ は

$$p_{cas}(H) = 0.14 \quad (5.8)$$

従って

$$p_{cas}(H)C_0(H) = 0.14 \times (0.06 \times 175) \approx 1.5 \quad (5.9)$$

これらを式(5.7)に用いれば、設計ベースの許容避難リスク $R_a^D(K)$ は次のようになる。

$$R_a^D(K) = 0.14 \left\{ \frac{p_{hf}(H)}{p_{hf}(K)} \right\} \left\{ \frac{A_f(H)}{A_f(K)} \right\}^{1/2} C_0(H) = 1.5 \left\{ \frac{p_{hf}(H)}{p_{hf}(K)} \right\} \left\{ \frac{175}{A_f(K)} \right\}^{1/2} \quad (5.10)$$

すなわち、式(5.7)において、仮に空間の設計が変更されても、出火空間の面積 $A_f(K)$ や避難対象人数 $C_0(K)$ が変わらない限り、 $R^D(K) \leq R_a^D(K)$ とすることが出来るのは死傷確率 $p_{cas}(K)$ のみである。従って $p_{cas}(K)$ は許容死傷確率 $p_{cas}^a(K)$ でなくてはならない。

$$p_{cas}(K) = p_{cas}^a(K) \quad (5.10)$$

念のため、許容死傷確率の式をかいておくと

$$p_{cas}^a(K) = 0.14 \left\{ \frac{p_{hf}(H)}{p_{hf}(K)} \right\} \left\{ \frac{175}{A_f(K)} \right\}^{1/2} \frac{C_0(H)}{C_0(K)} \quad (5.11)$$

この式に含まれる‘危険な火災’の単位面積当たりの出火率比は、火災統計の調査・分析結果に基づいて表 5.1 の値とする。

表 5.1 危険な火災の単位面積当たりの出火率比 $\{p_{hf}(H)/p_{hf}(K)\}$

出火室の用途	戸建住宅	集合住宅	飲食店	物販店舗	事務所	ホテル	病院	学校	劇場
$\left\{\frac{p_{hf}(H)}{p_{hf}(K)}\right\}$	1.0	1.5	1.0	7.0	4.0	3.0	9.0	10.0	1.2
在館者密度 (*)	0.06	0.06	0.7	0.5	0.125	0.16	0.13	0.7	1.5

(*) 在館者密度は建設省告示 1441 号(平成 25 年)

(注 5.1) 一般には標準空間を法規から選ぶ方法も考えられる。しかし、建基法施行令 107 条のように建物条件と耐火基準の関係が比較的明確な場合と異なり、避難規定は建物部位に関する仕様書的基準の寄せ集めの性格が強く、建物空間全体と避難基準との関連が体系的にまとめにくい。また、現状では分析に使用可能なデータを入手することが極めて困難であることもあり、標準建物空間の設定については、さらなる検証が必要である。

(注 5.2) 今回の方法でも在館者密度については、現行の建設省告示 1441 号と同じ値を使うので、面積が 175m²だと 0.06 人/m²×175m²=10.5 人、200m²だと 12 人となる。実際の世帯人数 C_0 はこれ程多くないので実際の住宅は面積が大きくても、 R_a は平均的住宅と大差無いであろう。