

避難安全設計における性能評価に関する研究

0126010 富井 達也

指導教員 榎野 紀元

1 はじめに

昨今の建築技術の進歩に伴い、建築物は高層化、複合化し機能的側面での充実を有する反面、その内実は建築の複雑化を増長させ、建築内部においても正確な避難経路を把握できないなどの避難計画の分かり難さを招いている。また、防火管理上の不具合から防火設備が機能しなかったり、所定の避難経路が閉ざされたりといった人為的なミスから、大規模な建築災害を引き起こす要素を常に包含しており、今後建築物における防災計画の綿密な検討が重要になると考えられる。

建築物の防災計画は、構造、防火、避難の各要素間の連携により成立しており、その機能は互いに補完しあう事により、はじめて防災計画上望ましい空間を形成する。従って、これまで建築物の用途、構造、規模で一律に規制されてきた建築基準法の例示仕様による防火・避難規定を、高層化、複雑化する建築物のすべてにあてはめ、防火性能を保証することは困難であり、建築基準法における防火、避難に関する性能規定化が図られた事は時代の要求に添うものであったと言える。

しかし、性能規定化により導入された避難安全検証法は、避難時間と煙等降下時間の対比により設計の適、不適を判断する方法であり、その計算過程におけるパラメータ等には、設計者の裁量による性能を付加させることは困難であることから、避難安全検証法と建築物の性能との関連を読むことは設計作業上不可能である。本研究は、人間行動の不確実性あるいは建築物における不確実性を考慮し、避難安全検証法に扱われている性能に関する検討を行ったものである。

2 建築基準法における性能規定化について

2-1 建築基準法における仕様規定と性能規定

昭和25年、市街地建築物法の流れを汲み建築物の防火防止、延焼拡大防止等木造市街地の防火対策に主眼が置かれた建築基準法が施行された。

建築基準法は時代の推移による建築物の高層化や大規模火災等の発生等に伴い、大規模木造の禁止等の構造制限、仕上材料の組み合わせによる内装制限、排煙設備、非常用照明設備、非常用進入口等、建築物の防火・避難規定における仕様規定の細分化を図り、そのメニューを増大させていった。仕様規定とは使用する材料や寸法等を具体的に記述した規定方法であり、規定に適合しているか否かの判断が非常に容易であり、従来からの建築基準法の「建築確認」制度との対応が良い。また、技術や

社会が発展途上にある段階ではその容易性から有効な法制であると言える。しかし、技術的な進展に伴い、仕様は満たさないが法制上本来要求している事を満たすものが出てきた場合に、これに対応しにくく硬直的であり、時に法制が形骸化するおそれがある。¹⁾

80年代の建設省の防火総プロにおける建築基準法旧第38条認定の有効利用の促進による積極的な新技術の導入や、90年代における諸外国からの規制緩和、市場開放の要請に伴い、建築基準法の性能設計手法の体系化が叫ばれるようになり、平成12年6月に法施行50年目にして抜本的な改正が図られ、建築物の単体規定における従来からの仕様規定のみならず構造、設備、防火、避難の各項目の性能規定化が図られた。性能規定とは測定可能な「性能(物理的な性質)」を明らかにして許容値などを定める規定方法で、その性能を達成する方法は自由であり、多様な試験、評価設計法による判定が可能となった。

しかしながら、性能規定化が図られたとは言え避難安全の基準については従来からの仕様規定と新しい性能規定とが法制上は併存しており、ただ条文を読むだけの通り一遍の学習だけではなかなかその性能設計手法を理解しにくく、性能規定の導入以降においても例示仕様のみでの設計も法制的には可能であるため、実務レベルでの設計者の積極的な性能設計手法採用による建築空間の自由度の拡大及び安全性能の向上はあまりみられない。従来からの仕様設計手法を遵守する事により、建築物の最低限の仕様及び安全性を法規により保証し、火災といった有事の際の建築防災責任を法規に依存し、設計者の設計責任を回避しようという姿勢が垣間見られるのが現状であると言える。

2-2 避難関係規定の法改正について

従来から一定規模以上の建築物、または不特定多数を収容する用途の建築物等については、防火区画等の火災の延焼拡大防止、歩行距離、廊下幅員等の避難施設の確保、排煙設備、2方向避難等の避難経路の確保、非常用進入口等の救出経路の確保、内装制限等を例示仕様によって規制していた。

これら、従来の例示仕様においては個々の建築物全体の避難計画上の対策が評価されることはあまり無くどちらかという、建築物の局所的な避難対策といった印象が強かった。

今般、性能規定化により火災時の避難の安全性を工学

的に検証する手法が、旧法の建設大臣認定実績のストックから明確化され、一般的設計手法として法の中に導入された。ルートBおよびルートCの設計法である。ルートCは指定性能評価機関が審査を行う高度な検証方法による性能設計手法であり、国土交通大臣が認定を行う。性能設計手法として導入された一般的検証法ルートBに関して以下の節に述べる。

なお、設計にあたってはルートAとして、告示において国土交通大臣により定められた例示仕様用いる仕様設計法を選択することも可能である。

2-3 法改正により導入されたルートBの概要²⁾

建築基準法の性能規定化に伴い、建築物の主要構造部を準耐火構造または不燃材料とすることにより、条文中で定義する「階避難安全性能」または「全館避難安全性能」を有することについて、一般的な検証法により確かめられたものについては、従来からの仕様規定を適用しないものとしている。検証法について概略を以下に示す。

「階避難安全検証法」とは階のいずれかの室（火災の発生のおそれの少ないものとして国土交通大臣が定める室を除く）で出火した場合でも、当該階に存する者（当該階を通らなければ避難出来ない者も含む）のすべてが直通階段（避難階または地上に通ずるものに限り、避難階にあっては地上）のいずれかまでへの避難を終了するまでの間、当該階の各居室及び各居室から直通階段に通ずる主たる廊下その他の建築物の部分において、煙・ガスが避難上支障のある高さまで降下しないことを確認する検証法である。まず、当該階の各居室から避難を終了するまでの時間と当該居室が煙又はガスによって危険となるまでの時間を比較し、各居室から安全に避難できることを確かめる。居室からの避難時間は次の式により求める。

居室からの避難終了時間

$$= \text{避難開始時間} + \text{出口までの歩行時間} + \text{出口通過時間} \quad (1)$$

(1) 式の各項目は、室の用途、床面積、出入口の幅等に応じて国土交通大臣が定める方法により求める。図-1にフローチャートを示す。また、居室が煙・ガス等により危険となる時間は、当該居室の用途、床面積、天井の高さ、排煙設備の構造、内装材の種類に応じて国土交通大臣の定める方法により求める。図-2にフローチャートを示す。これらより以下の(2)式の条件に適合した場合、居室からの避難安全性は確保されているものと判断する。

居室からの避難終了時間

$$\leq \text{居室が煙・ガス等により危険となる時間} \quad (2)$$

次に当該階に存する全ての者が当該階から避難を終了する時間と当該階の避難経路が煙又はガスによって危険となるまでの時間を比較し、火災時に各階から安全に避難できることを確かめる。

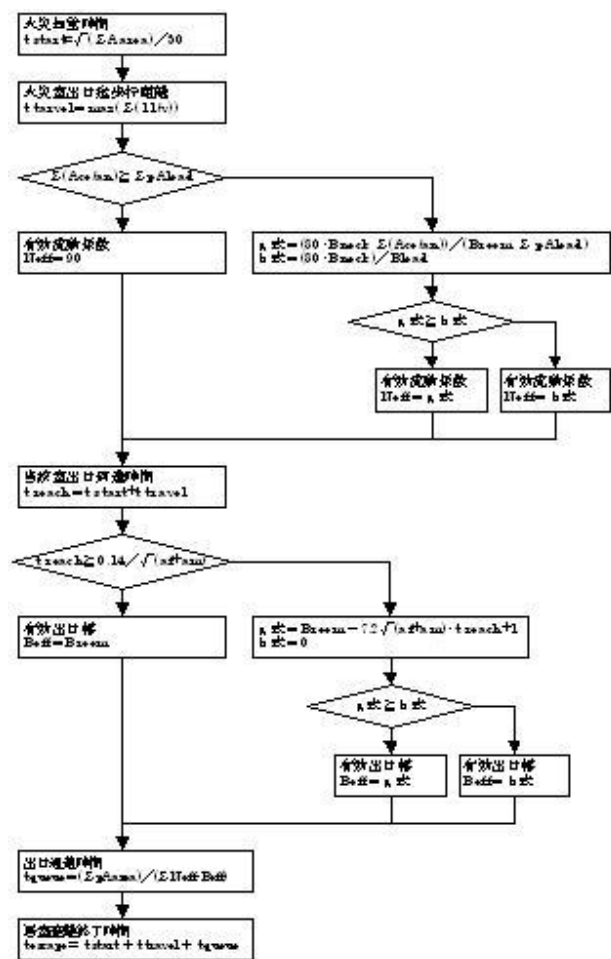


図-1 居室避難終了時間の概要

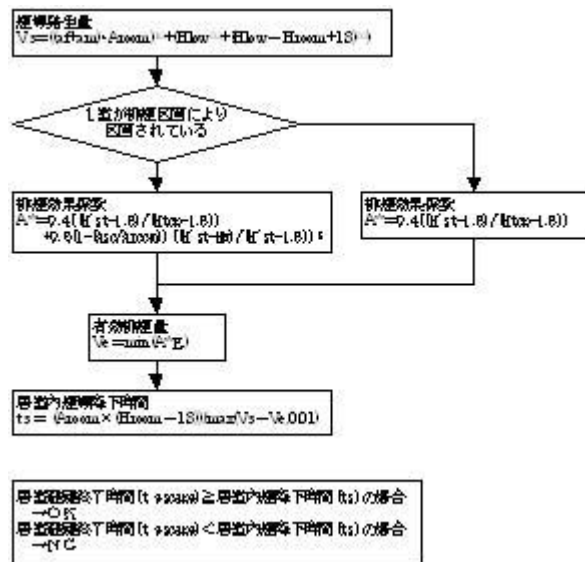


図-2 居室煙等降下時間の概要

階からの避難終了時間 = 避難開始時間 + 階段出入口までの歩行時間 + 出入口通過時間 (3)

居室避難と同様、居室の用途、階の延床面積、出入口

の幅、階段室までの距離に応じて国土交通大臣が定める方法により(3)式の各項目について求める。

各階の避難経路が煙・ガス等により危険となる時間は、各居室の用途、床面積、天井の高さ、排煙設備の構造、内装材の種類に応じて国土交通大臣の定める方法により求める。階からの避難に対して(4)式の条件を満たす場合、当該階において避難安全性は確保されているものとする。階からの避難終了時間

≒ 各階の避難経路が煙・ガスにより危険となる時間
(4)

建築物全体に対して、各階が避難安全性能を有することについて、階避難安全検証法によって確かめる。ただし階ごとに設計ルートを選択することも可能である。

「全館避難安全検証法」とは、当該建築物のいずれかの室で出火した場合において、当該建築物に存する者のすべてが、当該建築物から地上までの避難を終了するまでの間、煙・ガスが避難上支障のある高さまで降下しないことを確認する検証法である。

3 建築基準法避難規定における性能規定化の問題点

3-1 避難安全検証法のパラメータの不確定性

構造設計や耐火設計のように物理的性能を設計する場合とは異なり、避難設計の場合は人間行動と煙等の流体特性といった把握が困難な不確定性を含むパラメータを定量化せねばならず、定量化された数値についても設計で用いられるパラメータが災害時の実行動として、妥当であるか判断が困難な場合がある。

避難安全検証法で用いられているパラメータに関して以下検討する。

3-2 避難開始時間 t_{start}

避難安全検証法で用いられる、避難開始時間 t_{start} は、(5)式を用いる。階避難開始時間及び全館避難開始時間も同様の考え方による。

$$t_{start} = A_{room}^{0.5} / 30 \quad (5)$$

A_{room} は火災発生居室の延床面積である。火災の発生から避難開始までは一般的に火災覚知→情報の認識・解釈→避難行動という3つの流れに分けて考えることができる。しかし、これらを区分して定量化する事が困難であるため、火災を覚知した段階で即時避難開始をするという前提で、避難安全検証法では各避難開始時間が規定されている。

工学的には火災室の上部に一定以上の煙層が蓄積するまでの時間、又は設置されている自動火災報知器等の火災警報システムの時間として、火災性状を特定することにより火災覚知時間を評価する手法も考えられる。しかし、それらの計算においてはその計算過程が煩雑であるという理由から採用はされず、建築基準法の性能規定化以前、新・防災計画指針で示され、防災評定において採用されていた、下式と整合するようなかたちで採用さ

れている。

$$t_{start} = 2(A_{room})^{0.5} / 60 \quad (6)$$

(6)式における火災覚知の根拠については、在館者が一様に室内に分布し、かつ在館者のいずれかが火災発生を出火点から発生する煙や臭気により覚知するという前提で、室内において一様な確率で火災が発生した場合の煙等の水平伝播速度による評価式である。

実際の避難開始時間については火災時の様々な条件により変化すると考えられる。現行の避難安全検証法でパラメータに包含されていない自動火災報知器の状態等に左右される場合や、初期行動における消火作業の有無、詳細な建築用途毎の火災覚知等を別途考慮すべきであると考えられる。

掛川らの研究³⁾において自動火災報知機やスプリンクラー設備の不良発生率に関する報告があるが、いずれも設置後の経過年数が長い程それに比例して不良発生率が高くなることが報告されており、経年変化による火災覚知時間の評価というパラメータの検討も必要となってくる。

中出らの研究⁴⁾において火災発見が早い場合には、消火活動等の初期行動に選択の余地が生じ、避難行動を開始するまでのバラツキが大きくなるという報告がある。火災覚知のタイミングと初期行動の相関による避難開始時間のバラツキについても、今後パラメータの一要素として検討されるべきである。

また、非出火室の避難開始時間については、火災発生情報がどのように伝達されるかに左右され、その伝達方法としては火災室から流出された煙確認、自動火災報知器連動の非常ベル、火災室からの避難者の通報や避難流動の騒ぎ等様々であり、火災室における居室避難開始時間以上にその避難開始のプロセスには不確定性が包含されている。避難安全検証法では階避難開始時間を、ホテル、旅館等といった就寝用途であれば(7)式のとおり、 $t_{start} = A_{floor}^{0.5} / 30 + 5$ (7) 病院、児童福祉施設等を除いた一般的用途であれば(8)式のとおり、

$$t_{start} = A_{floor}^{0.5} / 30 + 3 \quad (8)$$

規定している。 A_{floor} とは火災発生階の延床面積である。その階避難開始時間については居室避難開始時間に関する(5)式を基本として、各居室面積から各階床面積とその対象規模を拡大し、その伝達手段、火災覚知の不確定性を明確な工学的根拠が説明されぬまま、一定時間を足し合わせている式となっている。他のパラメータは詳細な検討により採用している値であるのに対し、(7)、(8)式における定数は、様々に想定される各建築計画において避難開始時間を過大にも過少にも評価する可能性があり、避難開始時間における影響が非常に大きい。

3-3 歩行時間 t_{travel}

居室避難時間及び階避難時間における、歩行時間 t

travel の算定式については、避難動線経路の歩行距離 l と避難者の歩行速度 v により (9) 式で求められる。

$$t_{\text{travel}} = \max(\Sigma l / v) \quad (9)$$

Σ は避難出口にいたる避難動線経路内において、階段等異なる歩行速度部分がある場合には、それら異なる部分ごとの合計値を用いることを示す。また、 \max は避難出口に至る避難動線経路が複数ある場合にはその最大値を用いることを示す。

t_{travel} における避難行動については、①～⑦の前提条件の下に避難者は定常的に避難する事を想定している。

- ①避難対象者は居室内に均等に分布している
- ②避難は一斉に開始される
- ③群衆はあらかじめ設定された避難経路を避難する
- ④避難動線の追い越し、逆戻りはしない
- ⑤群衆の歩行速度は一定とする
- ⑥出口部分は流動係数により流れが規制される
- ⑦どんなに出口部で待たされてもおとなしく順番を待つ

避難安全検証法では、歩行速度に関するパラメータについて国土交通省告示中で劇場等客席を有する興業場用途、物品販売店舗等不特定多数利用用途、ホテル等就寝用途、事務所等特定利用用途といった用途毎に、階段等の斜路歩行経路、廊下等の水平歩行経路、客席部の座席間と避難障害の程度に応じて、定数が規定している。

戸川の研究⁵⁾において単独の歩行速度について男子では $1.4 \pm 0.3 \text{m/sec}$ 、女子で $1.2 \pm 0.3 \text{m/sec}$ 、遅い歩行速度 $1.0 \pm 0.1 \text{m/sec}$ であり、群衆歩行速度については単独歩行速度の遅い方に一致し、10%の誤差があることが報告されている。避難安全検証法のパラメータにおいては不特定多数用途と就寝用途で $V = 60 \text{m/min}$ を採用していることから、この群衆歩行速度の値を採用しているものと考えられる。

しかしながら、避難安全検証法で採用されている数値についてはあくまで、健常者を対象としたものであり、幼児や高齢者といった避難弱者についてはその歩行速度が健常者の半分程度となることが想定される。避難安全検証法では、避難弱者を主たる対象とした病院用途や児童福祉施設等については適用外としているが、適用している不特定多数に供用される用途や就寝用途については多かれ少なかれ避難弱者は見込まれるわけであり、また興業場用途によってはそのプログラムに応じて避難弱者の集中的な利用も想定されることから、健常者を主体としたパラメータ設定にも考慮が求められるところである。

また、過去の火災事例から①～⑦の避難者の避難経路の選択傾向が明らかとなっている。

- ①日常的に利用に認識している経路を使用する
- ②空間に対する習熟度が低い場合には入場してきた経路を選択する
- ③明るい方向を目指して避難しようとする
- ④狭い廊下より広い廊下等開かれた方向へ向かう
- ⑤最初に目についた経路、よく目立つ経路から避難しようとする

- ⑥最も近い出口や階段から避難しようとする
- ⑦周囲の人と同じ方向に避難する

避難安全検証法における避難行動はこれら避難者の行動特性を考慮することなく、機械的に仮定された直線的な動線による避難を想定している。また、不特定多数用途と特定者利用である就寝用途で同じ数値を採用している事から、避難者の空間習熟度がその数値に反映されていないことは明かである。一方、室空間に配置される家具等を想定していない直線的な避難経路は、実際の動線経路とは異なることが明かであり、避難経路上の障害物による避難流動への影響も充分に考慮する必要があると考えられる。また、パニック時における避難群衆行動が避難行動のシナリオと一致してくるか十分に吟味すべきである。

3-4 出口通過時間 t_{queue}

出口通過時間 t_{queue} に関しては、平均時間あたりの流出係数 N_{eff} と出口開口部幅 B_{eff} 、そして在館者総数を室空間の面積 A_{area} と在館者密度 p とを考慮して (10) 式により求める。

$$t_{\text{queue}} = (\Sigma p A_{\text{area}}) / (\Sigma N_{\text{eff}} B_{\text{eff}}) \quad (10)$$

在館者密度 p は、室用途毎に国土交通省告示で規定されており、空間の面積と室用途で在館者総数が決定されてしまう為、その実状においては大きな不確定性が存在していると考えられる。

また、 B_{eff} 算定時のパラメータ、居室内積載可燃物量による火災成長率 af についても室用途だけで決定し、その積載可燃物の分布状況は等分布を仮定している。

さらに、有効流動係数 N_{eff} についても、開口部幅 60cm未満を0とし、またその上限値を 90人/分・mとして取り扱いを行っているが、各室における諸条件により避難出口に至る歩行時間の差異や、避難経路部における滞留等により、刻一刻時間変化する避難流動の可能性についても考慮するべきであると考えられる。

特に避難経路における滞留については、 N_{eff} 算定のパラメータとして、バルコニー、階段室、廊下といった避難経路用途毎に1人あたりの必要滞留面積が、身体寸法等を考慮した定数としてあたえられているが、避難経路部における障害物の有無や同一階における他室の避難開始時間の差異等によって、大きく変化する可能性があると考えられる。

3-5 施設管理者側の危機管理

階避難時間、煙等降下時間共に計算仮定として用いられた建築物の各種パラメータが初期状態のまま、建築物の供用過程で常時保持されなければならず、経年劣化に伴う各種設備のメンテナンス不足による防火管理上の不具合や、建築当初における瑕疵等によって、設計者が意

図した建築物の避難安全性能は損なわれている可能性がある。

また、施設利用側の建築的な防災機能の認識不足から、安易に避難経路や防災設備機能を低下もしくは無機能状態にしているような場面も多々見られる。

例えば図-3に示すように、避難経路となり得る廊下や階段室部分に物品等を山積している事により、当初想定している廊下幅員や滞留面積が確保されず、避難の妨げになってしまったり、また図-4に示すように、本来煙感知器連動等で閉鎖するはずの階段室の防火設備が物品等の山積により閉鎖しない場合には、本来流入しないはずの煙が堅穴区画へ流入し、上層階へ煙伝播、下層階への避難経路の断絶等最悪の状態が想定される。また、それら山積される物品が可燃物である場合には、室内からの炎が伝播し避難経路における延焼をまねくこととなるため、非常に危険な状態にあると言える。

平成13年9月の新宿歌舞伎町「明星56ビル」火災についても、避難経路における39種類におよぶ可燃物の放置、堅穴区画となる階段室防火戸のガムテープ等による閉鎖措置、二重天井による自動火災報知器の非作動等が報告されている。これら複合的な防火管理上の不備が避難開始の遅延、避難経路における有毒ガスの発生及び延焼拡大、店舗内への急激かつ大量の煙流入といった、44人にも及ぶ一酸化炭素中毒による死者を生み出した原因として考えられている。

出火原因について明らかにされていない時点で、防火管理態勢上の不備を根拠とし、施設管理者に対して業務上過失致死容疑で逮捕状が請求された措置は、軽視されがちな施設管理者側の危機管理意識に対して警鐘をならすものであったと言える。

以上のことから、施設所有者及び管理者のより一層の防火管理意識の向上、施工者の法規及び安全性を考慮したより厳しい施工・監理、行政側の定期的な防災査察や定期報告制度の積極的な活用による防火対策が必要であると考えられる。



図-3 廊下に山積される物品



図-4 防火戸前に山積される物品

4 避難安全設計に関する解析

4-1 グラフ理論の応用による解析

性能規定化に伴い建築基準法に導入された避難安全検証法における建物性能の評価を行うためグラフ理論を利用して避難計画の解析を行う。

グラフ理論による解析とは、流動式による避難計算法を応用し、建築内の避難行動を時間に関するグラフを作成しながら避難計画の検討を実施する手法である。避難状況の視覚的把握が容易であり、避難計画へのフィードバックが具体的に分別しやすく、数式でなかなか解析できないような複雑な平面計画においても適用出来るため有益な手法であると言える。

ここでは実際に起きた火災例のデータを用いて、グラフ理論の応用により解析実施例を示す。解析に用いた火災概要について表-1に示す。また、火災被害にあった建築平面については図-5のとおりである。

流動式による避難計算法の理論式より、教室からの避難人数、廊下滞留点Pにおける避難人数及び、廊下における滞留人数を求める。結果について図-6に避難人数、図-7に廊下における滞留人数示す。

この解析により教室からの避難は約50秒で完了し、その前後に廊下での滞留人数が最大の約270名程度になることがグラフより読みとることができる。また、グラフ中避難限界時間を一点鎖線で示す。避難限界時間とは室内の延焼及び炎の伝播により避難経路が閉鎖されたり、煙や有毒ガスが避難上支障のある高さまで降下することによって、火災発生時から避難者に対して何らかの身体的被害を及ぼすであろう時間と定義する。グラフでは避難限界時間において廊下の滞留点では約50名の滞留者が存在しており、何らかの身体的被害を被った結果を示している。

この火災事例において廊下に机がなく、所定の廊下幅員1.83mが確保された場合におけるグラフ解析結果を図-8、図-9に示す。廊下の幅員が改善されたことにより滞留人数が最大で200人程度に減

少し、滞留時間も避難限界時間を下回る110秒程度となり、適正な避難が実施され火災による身体的被害者が出ない事が結果としてわかった。

このように、グラフ理論を用いる事により、避難計画をとおして建築性能の再検討が可能になると考えられる。

避難安全検証法においては火災時における人間行動や煙流動、当初設計では予想しなかった施設利用形態や防災設備のメンテナンス不足による機能劣化等、計算

結果に影響を及ぼす様々なパラメータ部分で不確定性を有しており、画一的な数値による時間表現によってその性能を評価し決定付けることは困難である。建築物の物理的性質を伴う避難限界時間を、一定の幅を持ち不確定性を有する時間としてグラフ解析上で評価する事により、不確定性を有するパラメータの変動に対応し避難計画の過程で、よりその性能を明確化し向上が図れる事が望ましいと考えられる。

表-1 火災概要

火災概要
火災発生日時: 昭和28年6月24日 14:00
火災発生場所: 岡山県新加茂町
建築用途: 小学校
当日の状況: 映画会開催の為に通常は建具により間仕切られている連続した3教室を一体的に開放、外部に面する開口部については遮光措置として暗幕が貼られ、
教室内の机等については廊下に搬出され2段2列に積み上げられた。
観客数については約350名、高齢者、児童、女性の比率が高かった。
劇映画の上映中にフィルムに引火して出火
犠牲者50名、(死者16名、重傷者9名、軽傷者25名)

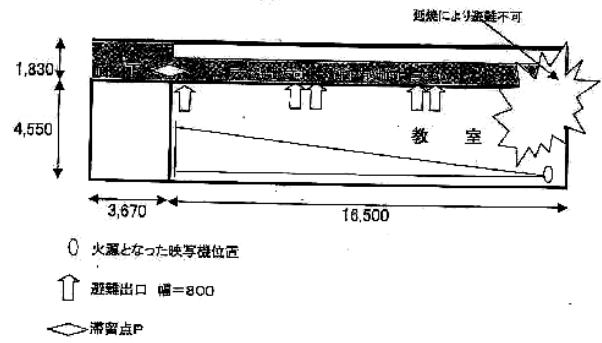


図-5 平面図 (岡山県新加茂町の事例)

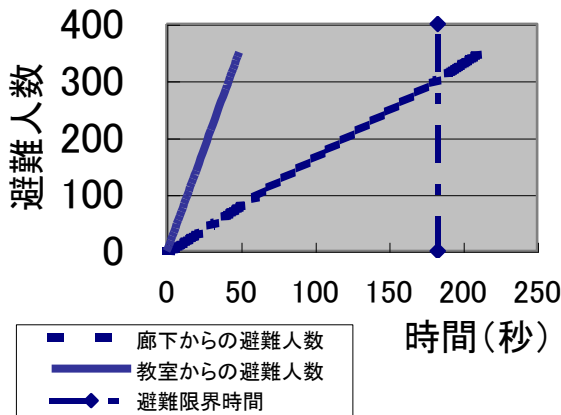


図-6 避難人数 (岡山県新加茂町の事例)

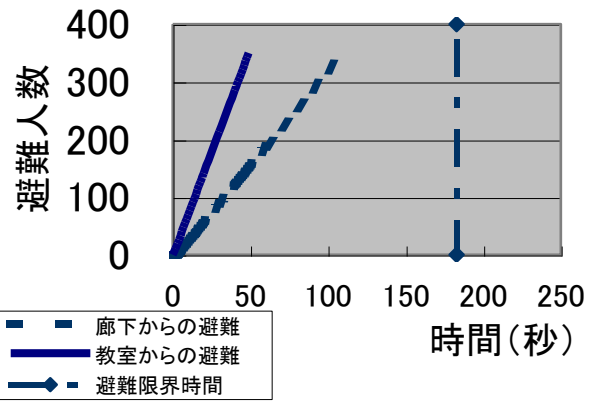


図-8 避難人数 (廊下幅員を1.83mとした場合)

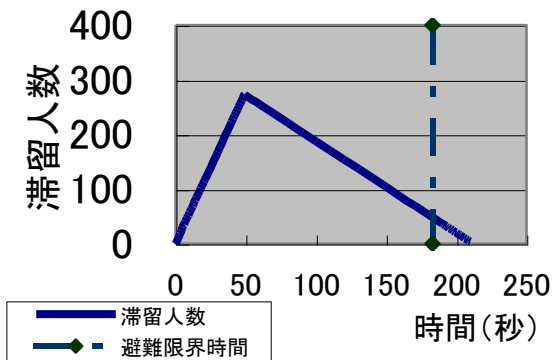


図-7 滞留人数 (岡山県新加茂町の事例)

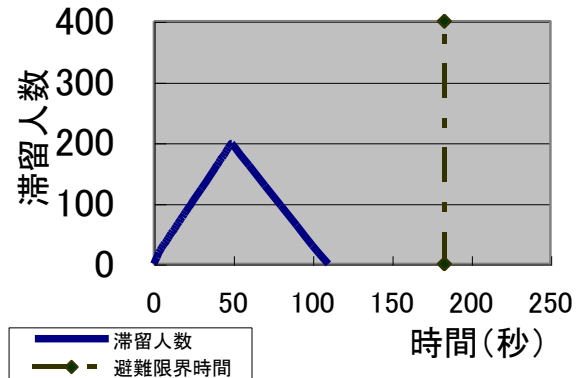


図-9 滞留人数 (廊下幅員を1.83mとした場合)

4-2 避難安全検証法性能分析

3章で示したとおり避難安全検証法のパラメータにおいては様々な不確実性が存在しているため、その検証結果により保証されるであろう建築物が保有する避難安全性能については判然としない部分が存在する。

ここではパラメータの不確実性を考慮し、モンテカルロ法により避難時間と煙等降下時間を求めることによって、避難安全検証法により設計された建築物が保有する性能について分析を行う。

図-10に示すとおり、同一床面積の建築平面において間仕切壁を増やす事により、居室面積を450㎡、225㎡、150㎡、112.5㎡、90㎡と変化させて、平面計画の相違により避難安全検証法が保証する建築物の避難安全性能について分析を行った。

当該分析においては、徳永らの研究⁶⁾から避難安全検証法において確率変数として扱うべきパラメータデータを採用し、避難安全検証法の(1)～(4)式にあてはめ避難開始時間及び煙等降下時間を求めた。確率変数として扱った変数の一覧を表-2に示す。図-10の居室床面積の異なる平面計画毎に各々100回ずつ実施した。

4-3 避難安全検証法における避難安全性

各平面計画が保有する信頼性指標をあきらかにするため、避難時間、煙等降下時間の確率密度関数を用いて、避難時間 t_{escape} が煙等降下時間 t_s を超える危険確率を求める (e) の場合の避難シミュレーションにおける滞留人数を図-11に示す。各々の例について居室における避難時間と煙等降下時間の確率密度関数を求め安全性レベルに関する検討を行った。(e) の場合における、避難時間および煙等降下時間の確率密度関数の比較を図-12に示す。いずれも対数正規分布でよく近似できたため、ここでは以下の確率の検討に対数正規分布を用いる事とした。避難時間、煙等降下時間に対数正規分布をあてはめ、 t_{escape} が t_s を超える確率 pf を求め

$$\beta = \Phi^{-1}(pf) \quad (11)$$

表-2 確率変数⁶⁾

Random variable	Probability density function
在館者密度 p	LN(0.122,0.07)
積載可燃物の発熱量密度 q_l	LN(235,65.4)
出火室の避難開始時間の補正係数 $N_{t \text{ start}}$	LN(1.80,2.02)
歩行速度 v	N(73.1,9.51)
流動速度 N_{eff}	N(111,18.4)
内装材料(準不燃)火災成長率 a_m	LN(0.034,0.044)
収納可燃物の火災成長率の補正係数 N_{af}	LN(0.442,0.521)
出火室の煙等降下時間の補正係数 N_{t_s}	LN(2.35,0.47)

LN():Lognormal Distribution N():Normal Distribution

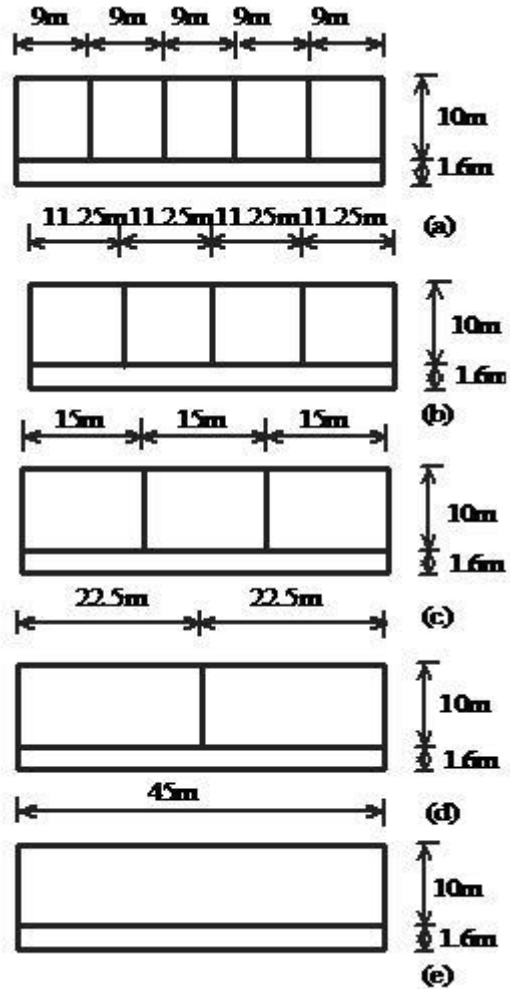


図-10 分析対象平面図

として信頼性指標 β を求める。ここに $\Phi()$ は標準正規分布関数である。結果を図-13に示す。

1室あたりの床面積が大きくなるに従い、信頼性指標 β は横ばいになる傾向があるが、いずれの平面計画においてもその数値は異なり、設計における安全性レベルが一定でないことを示している。特に小間仕切りを実施した居室床面積が90㎡の平面計画については、他の平面に比べ極端に安全性レベルが低く、 $\beta = 0.8$ 未満、想定される危険確率が21%以上と、避難安全検証法で合格したとしてもその建築計画が保有する安全性能については問題があると考えられる。

また、当該分析における各平面の信頼性指標は $\beta = 1.6$ 前後の数値に集中し、その被害確率は5.5%程度となる。

一般的な建築構造部材設計においては、その目標性能を信頼性指標 β で2.0～3.0(危険確率にして2.27%～0.135%)程度で設定しており、そのような構造設計で見込んでいる安全性能と比較すると、避難安全検証法が保有している安全性能は低い設定となっていると考えられる。

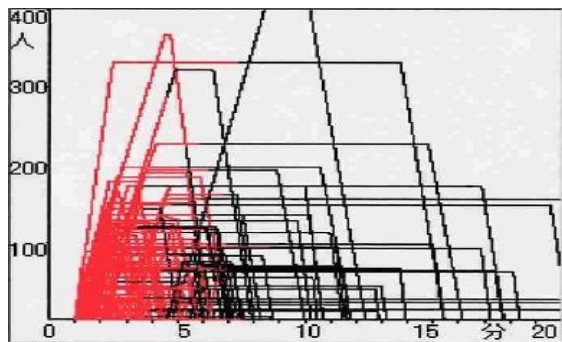


図-11 滞留人数 (居室床面積 450 m²)

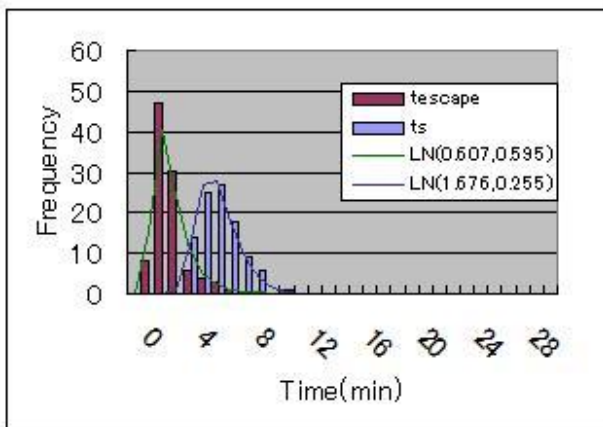


図-12 確率密度関数 (居室床面積 450 m²)

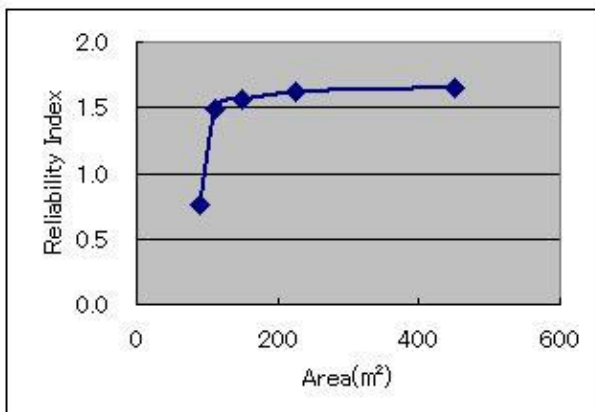


図-13 避難安全検証法における避難安全性

5. まとめ

建築物が保有する性能が一定の評価方法により明示され、一般に明らかにされる事が今後建築物の在り方として望ましい。その際において有益な方法として活用出来るのが性能設計手法である。

性能規定化に伴い確立された避難安全検証法では、仕様設計時の排煙設備 (避難関係規定) と内装制限 (防火関係規定) の概念及び天井高さや開口部寸法等の建築形態が係数として包含されているため、各仕様規定相互間の補完関係が成立する設計手法であり、仕様設計を満足しない建築関係規定要素があったとしても、他の要素を向上させる事により、建築物全体の避難性能を保持する事が出来ると言える。よって仕様設計の

規定の除外により、建築物の平面、形態、開口部、内装といった意匠設計の自由度が拡大する事が可能となりえる設計手法である。しかしながら、避難安全検証法においては、その建築物が保有する避難性能を「避難時間」と「煙等降下時間」により定量的に評価する設計手法であるため、その計算過程で採用する各係数については国土交通省告示で規定された、過去の実績や統計データ、仕様設計とのキャリブレーションにより決定された数値であり、設計者の裁量により自由に係数を変動出来る訳ではない。つまり法制上は性能設計手法の位置づけにあったとしても、その実質の設計作業内容については許容応力度設計法に酷似しており、またその性能の程度についても、一般的な合意に基づく値が採用されているわけでもなく、仕様設計と僅差ない設計手法である事は拭いきれない。

さらに、計算結果による避難時間と煙等降下時間の対比により、そのごくわずかな数値差によって建築物が保有する避難安全性能について画一的に適、不適を判断する事は、人間行動の不確定性や防火管理上の状態によっても著しく性能が変化する事が想定される為、疑問を呈さざるを得ない。

今後はその建築空間が保有する避難安全性能を、避難時間及び煙等降下時間の対比により性能の有無を問うのではなく、ユーザーのニーズを踏まえた設計者の判断によりその性能の程度を数値化した信頼性指標等により避難安全設計を実施し、かつ建築物が保有する性能を評価し一般に明示するべきである。

性能設計手法においては建築物に期待される性能を検証する必要があるが、設計者及び利用者間で目標とする性能について合意形成し、保有する性能が明快である建築物を創り出していく事が性能設計のあるべき姿であると考えられる。

そのような観点からも、今後建築基準法の中における避難安全性能の定義については、曖昧な語句表現によらずに、最低限の性能を指標等で定義し、法律で要求する性能を明確化するとともに、多様な設計手法及びパラメータの採用により、性能設計の自由度の拡大及び多様化が図られていく事が望ましいと考えられる。

参考文献

- 1) 日本建築学会法制委員会, 性能規定の必要性和問題点, 1996
- 2) 国土交通省住宅局建築指導課編, 避難安全検証法の解説及び計算例とその解説, 2001
- 3) 掛川秀史, 定期点検データに基づく自動火災報知器設備の作動信頼性, 日本建築学会学術梗概集, 1996
- 4) 中出聡他, 火災覚知過程及び避難開始時間に関する研究, 日本建築学会学術梗概集, 1986
- 5) 戸川喜久二, 避難群衆流の計算について, 建築雑誌, 1954No.4
- 6) 徳永英他, 一般的なオフィスビルにおける避難安全水準の分析, 日本建築学会学術梗概集, 2002