

避難信頼度と性能マトリクスによる施設の性能評価

(株)ニュージェック 正会員 ○保田 敬一
 香川大学 正会員 白木 渡
 香川大学 正会員 井面 仁志
 関西大学 正会員 堂垣 正博

1. はじめに

近年、防災対策は耐震設計の見直しなどのハード面の対策だけでなく、円滑な避難を行うための防災システムの構築などソフト対策も重視されつつある。これまで、主として施設の被害が最悪となるシナリオすなわちハード面を重視した防災対策が取られてきたが、ハード的には小規模の災害でも避難が困難な状況で人的被害が拡大する場合もあり、ハードとソフトの両面を考慮した対応が必要である。

本研究では、ハード面での保有性能とソフト面での保有性能の両面を考慮した施設性能を評価する指標として、避難信頼度を導入する。そして、施設の防災対策に関する合意形成手法として、ハード及びソフトの両性能を考慮して作成した避難信頼性評価マトリクスを用いる方法を提案する。

2. 避難信頼度の概念

避難に関わる信頼性は、「環境負荷低減型土木構造物設計ガイドライン」¹⁾に示される安全性に属すると考えられるが、この安全性は主にハード面での性能、例えば、地震の大きさに対する設計のレベルなどを示すものであり、防災教育により避難時間が短くてすむなどのソフト面での性能は含まれていない。そこで本研究では、要求すべき性能として安全性の下位に避難信頼性を付加した対応を検討する。

本来、安全性に関する性能 (R_s) は、式(1)に示すように、ハード面の性能 (R_1) とソフト面の性能 (R_2) の両者により議論されるべきであると考ええる。

$$R_s = f(R_1, R_2) \quad (1)$$

3. MSS を考慮した避難信頼度の定義

避難信頼度 (避難信頼性) の定義では、ソフトな性能とハードな性能の両方を考慮する。避難信頼度 P_e は、避難完了時間 T (確率変数) が避難要求時間 TR 以下になる確率として、式(2)で定義される。

$$P_e (T < TR) = FT(TR) \quad (2)$$

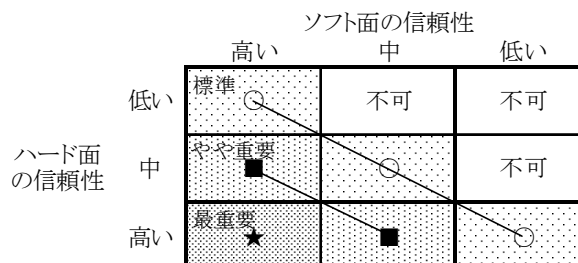


図1 避難信頼度に関する評価マトリクス

ここに、 $FT(\cdot) : T$ の累積分布関数で、避難シミュレーションにより求める。避難信頼度を避難完了時間で定義したのは、避難完了者数が増えるにしたがって避難信頼度が上がっていき、全員の避難が完了した時点で信頼度 100% と考えるのがわかりやすいこと、事前教育や標識などの設置は避難完了時間に影響することなどである。

4. 避難信頼度から評価マトリクスへの展開

避難信頼度が算出できれば、避難信頼度マトリクスに展開が可能となる。評価あるいは合意形成に使用できる避難信頼度に関する信頼度評価マトリクスを図1に示す。ハード面の信頼性を施設の耐震性能（現行の耐震基準をどの程度満足しているか、あるいは耐震補強を実施しているか）とし、ソフト面の信頼性を避難に関わる要因（事前防災教育の有無、案内標識の設置程度）とした。

5. 建物での適用例

5.1 避難信頼度の算出

本研究では、大学内の実験棟3階（図2）を対象にして、災害が発生した場合の避難完了時間をシミュレーションにより算出した。その結果から避難信頼度を算定する。変化させた条件は、設置する標識の数と避難者数である。避難完了時間は各ケースで100回のシミュレーションにより図3に示すヒストグラムおよび図4に示す累積頻度分布を作成し、避難完了時間が避難要求時間以下になる確率を求めた（表1）。例えば、

キーワード 避難信頼度、評価マトリクス、合意形成

連絡先 〒531-0074 大阪市北区本庄東2-3-20 (株)ニュージェック Tel.06-6374-4678 E-mail : yasudakc@newjec.co.jp

表 1 避難完了時間が避難要求時間以下になる確率:Pe (%)

避難要求時間(TR)	人数 標識数	50	100	150
2分 (120秒)	10個	87	76	51
	7個	87	72	39
3分 (180秒)	10個	92	86	83
	7個	96	92	69
5分 (300秒)	10個	97	97	98
	7個	99	99	91
10分 (600秒)	10個	100	100	100
	7個	100	100	100



図 2 実験棟 3 階平面図と標識位置図

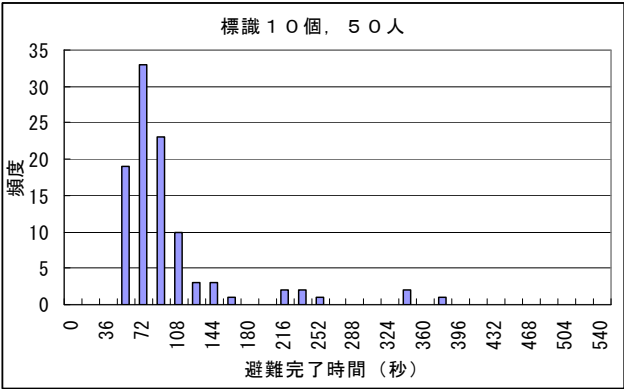


図 3 避難完了時間のヒストグラム (標識 10 個, 50 名)

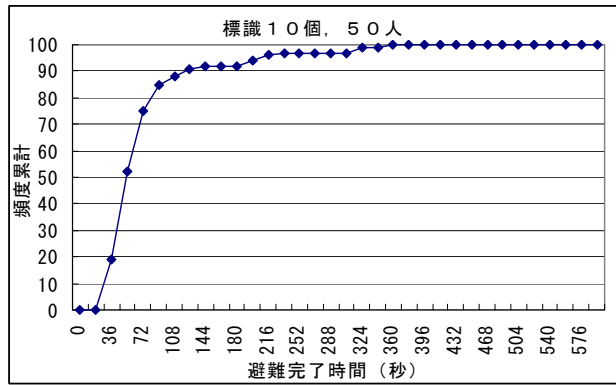


図 4 避難完了時間の頻度累計 (標識 10 個, 50 名)

避難要求時間が 180 秒の場合、図 4 での避難完了時間が 180 秒の頻度累計をみると 92 となり、これが求める避難信頼度になる。

概ね、人数が増える、あるいは標識数が少なくなると避難信頼度は低下する傾向にある。避難要求時間が 5 分でも Pe は 91%、10 分になると Pe は 100%になる。

表 2 Pe のランク分け

Pe	信頼性のランク
$0.900 \leq Pe < 1.000$	高い
$0.600 \leq Pe < 0.900$	中
$0.000 \leq Pe < 0.600$	低い

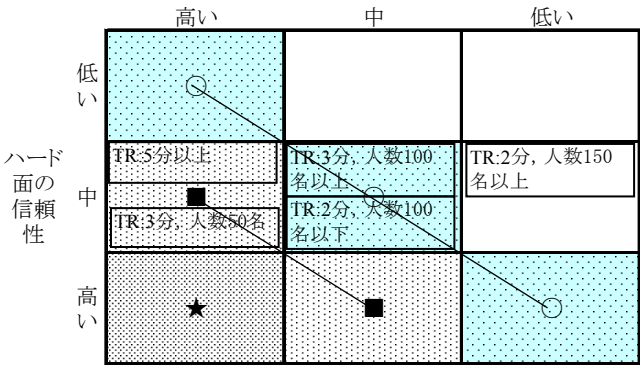


図 4 避難信頼性評価マトリクスの適用例

避難要求時間が 2 分、標識数 7 で人数が 150 名の場合、避難信頼度は 39% と極端に悪くなる。この方法では累積頻度分布から Pe を算出したが、他に、ヒストグラム (χ^2 分布) の平均値と変動係数を用いて Pe を算出する方法もある。表 1 に示す避難要求時間は階避難から求めるが、これは各階の様々な条件により算出される。

5.2 信頼性評価マトリクスの作成

表 1 で得られた結果を表 2 によりランク分けし、図 1 の信頼性評価マトリクスに代表的な組み合わせをプロットすると図 5 のようになる。ハード面での避難信頼度は中位であると仮定した。図 5 に示すソフト面の信頼性が低いにランクされるケース、例えば、避難要求時間が 2 分と短く、人数も 150 名以上の場合、ハード面の信頼性を更に高める工夫が必要となる。

6. おわりに

ある条件 (標識の数、避難者数) における避難シミュレーションを用いて累積頻度分布を求め、避難信頼度 (Pe) を算出した。次に、この Pe をランク分けし、避難信頼性評価マトリクス上にプロットした。この信頼度評価マトリクスをみることにより、ハード面の信頼性とソフト面の信頼性を融合した評価が可能になる。ハード面の避難信頼度が低ければソフト面の避難信頼度を、ソフト面の避難信頼度が低ければハード面の避難信頼度を高くする措置をとらなければならない。

参考文献

1) 土木学会: 環境負荷低減型土木構造物設計ガイドライン, 2001.4.