

学校建物の選択的な耐震化計画立案に関する一考察

東京大学大学院 学生会員 藤野 学
 東京大学生産技術研究所 正会員 吉村 美保
 東京大学生産技術研究所 正会員 目黒 公郎

1.はじめに

1995年に発生した兵庫県南部地震では、発生時刻が早朝であったため、幸いにも学校内で人命が失われるような事態にはならなかった。しかし多くの学校施設が、住宅や庁舎等と同様に被害を受け、被害を受けた学校建物の多くが現行耐震基準以前に建築された建物であったことがわかっている。ところが現行耐震基準以前の学校建物は全国に多数存在していることから、これらの耐震化が緊急の課題であることは明らかである。しかし、地方自治体にとっては、限られた財政の中で全ての危険建物の耐震化を図ることは困難である。よって選択的な耐震補強の実施を余儀なくされるものの、その際には「全ての危険建物のうち何故この順番で耐震補強を行うのか」など、意思決定の理由を国民に説明する「説明責任(Accountability)」が発生する。現在学校建物の耐震化事業において、耐震化に対する優先順序の策定方法は確立されてはいない。

そこで本研究では、学校建物の地震被害が教育・地域活動に与える影響を再認識するために、まずは兵庫県南部地震時の学校建物被害と地域の被災状況との関係を整理し、モデル化した。次に校舎の地震危険度とその社会的影響を考慮して耐震化計画を策定するため、多数の学校建物の補強効果を相対的に比較する方法論を検討した。

2.兵庫県南部地震の学校被害データベースの整理

まず、文献1～3を用いて、兵庫県南部地震時の神戸市立学校347校の被害程度(表1)と復旧状況を整理し、GISデータベースにまとめた。各学校については、文献3から被害ランク、被害状況、学校再開日、避難所ピーク人数、避難所解消日、兵庫県教育委員会提供のデータから、仮設校舎建設の有無、建設仮設校舎の面積、を入力した。

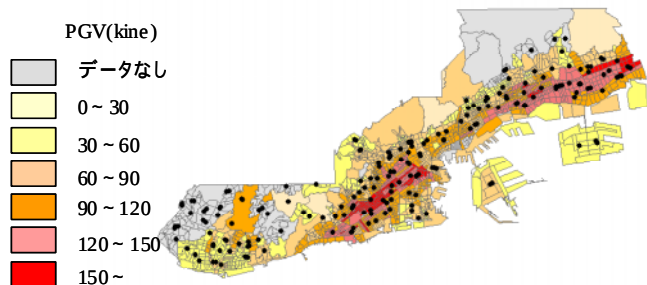


図1 対象とした学校と地震動分布⁴⁾

表1 神戸市立学校の被害ランク

被害ランク	幼稚園	小学校	中学校	高校	その他	合計
A(建て替えが必要)	3	7	10	3	0	23
B1(大規模改修が必要)	0	4	0	2	0	6
B2(中規模改修が必要)	1	10	6	3	2	22
C(小規模改修が必要)	24	126	52	3	4	209
その他	43	26	16	1	1	87
合計	71	173	84	12	7	347

(校)

3.学校建物の復旧過程のモデル化

地震時の学校施設の被害は、学校建物の被害や、児童生徒等の人的被害などの直接的被害だけでなく、教育活動の停止(学校の閉校)、児童生徒の転出、避難場所としての利用による施設利用の制限など、様々な間接的な影響を及ぼす。これら間接的な被害には、周辺地域の被災状況などの要因が影響する。そこで、前章で作成した建物被害データベースを基に、学校建物の復旧過程と地域の被災状況との関係を分析し、モデル化を行った。

3.1.学校復旧モデル

図2に神戸市市立小中学校(北区を除く)の被害状況と再建・補修状況を示す。倒壊・大破した建物はほとんど解体され、中破建物は補修されたものが6割を占めた。

被害場所	被害程度	対応	建築年代		
			～71	72～81	82～
校舎	倒壊	解体	8	0	0
	大破	解体	4	1	0
		補修	1	0	0
	中破	解体	8	2	0
		補修	15	4	3
	小破	解体	2	2	0
		補修	38	18	8
	軽微	解体	0	1	0
		補修	79	113	100
	無被害	なし	74	99	163

図2 学校復旧モデル (校)

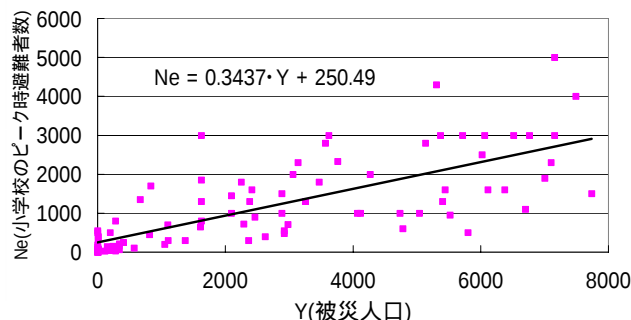


図3 小学校の避難所利用モデル

キーワード：耐震化計画，学校，耐震補強，耐震改修，防災計画，

連絡先：〒153-8505 東京都目黒区駒場4-6-1 東京大学生産技術研究所 B棟 目黒研究室 TEL.03-5452-6437, FAX.03-5452-6438

3.2.避難所利用モデル

神戸市立小中学校のピーク時避難者数データ³⁾を用いて、小学校避難者数(ピーク時人数)と学区内被災人口との関係をプロットすると、図3のようになり両者に相関が見られる。ここで学区内の被災人口は低層住宅被害率に学区内総人口を掛け合わせたものとして算出した。

3.3.教育再開モデル

次に校舎の被害と教育活動の再開状況との関係に着目する。図4は周辺地域の低層住宅の被害状況ごとに、改修、建て替えを要する被害を受けた学校の再開状況を時系列に示したものである。学校の再開時期には、校舎建物の被害の有無だけではなく、周辺地域の住宅被害も大きく影響していることがわかる。

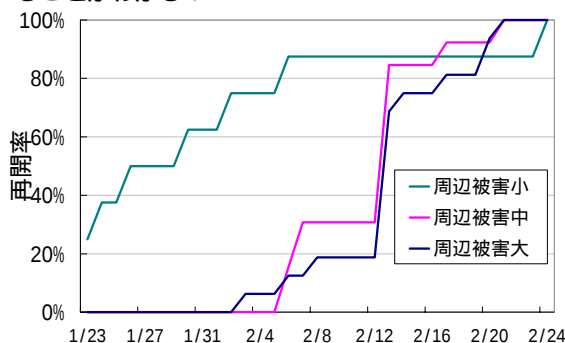


図4 教育再開モデル

4.学校建物の選択的な耐震化計画立案手法の提案

最後に、校舎の地震危険度とその社会的影響を考慮して耐震化計画を策定するために、多数の学校建物の補強効果を相対的に比較する方法を提案し、実際の建物群を用いたケーススタディを行った。ここでは、耐震補強の効果に関連した種々の属性を軸としたレーダーチャートによる比較を提案する。神奈川県川崎市に存在する小学校17校26棟、中学校2校3棟の校舎建物群を対象として、南関東地震による被害発生を想定し、レーダーチャート分析による耐震補強効果の相対的な比較を行った。対象とした学校の立地と南関東地震の想定地震動分布⁵⁾を図に示す。推定木造建物被害は川崎市の被害想定結果⁶⁾を用いた。学校建物被害の推定は、林・鈴木・宮腰・渡辺による構造耐震指標 I_s 値別のフラジリティ曲線⁷⁾を使用した。建物被害額と耐震補強工事費にはそれぞれ文献8と9のデータを用いた。学校建物被害後の復旧過程の想定には、前章に記したモデルを用いた。

全29棟の校舎建物群に対するレーダーチャート分析結果から、一部を抜粋して結果を示す。レーダーチャートの軸には、補強前の指標として、倒壊・大破確率、児童生徒数、ピーク時の想定避難者数を与え、補強後の指標として、建物被害軽減額、補強費用、 B/C (被害軽減額/補強費用)を与えた。なお、各指標は対象学校内での最大値を1として正規化して表示している。相対的な比較から、パターン：指標D~Fが大きく補強実施による被害軽減効果が高いため、補強優先順序が高い建物、：よりはD・Eが小さいが B/C (指標F)が大きく優先順序が高いと考えられる建物、

：ピーク時避難者数(指標C)が大きく、地域での避難所としての重要性が高い建物、：相対的に見て全ての指標が小さい建物、：耐震補強費用(指標E)は高いが B/C (指標F)は相対的に大きくない建物などのいくつかのパターンが明らかとなった。

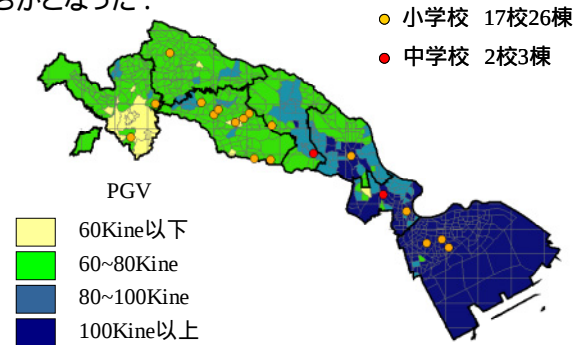


図5 想定地表最大速度分布と学校立地

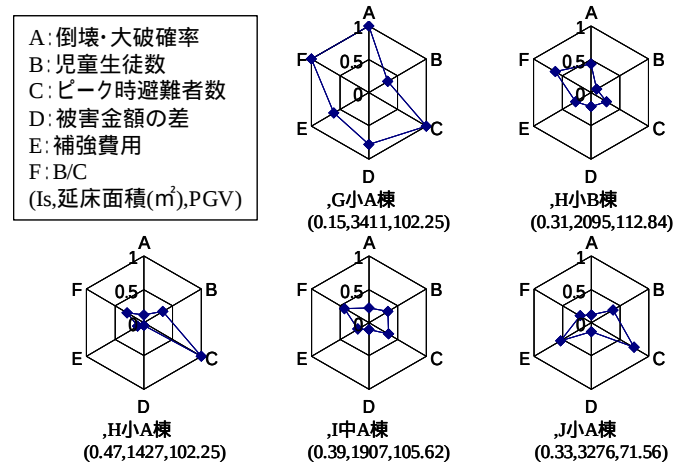


図6 耐震補強効果の比較

5.まとめ

本研究では校舎の地震危険度とその社会的影響を考慮して耐震化計画を策定するため、多数の学校建物の補強効果を相対的に比較する方法論を検討した。今回のケーススタディでは補強効果を6つの指標として表現しているが、今後は分析精度の向上とともに、より多角的な比較方法を検討する必要がある。

最後に、研究を進めるにあたり多大な協力をして頂いた兵庫県教育委員会、神戸市、川崎市の方々に謝意を表する。

【参考文献】

- (1) 日本建築学会：文教施設の耐震性能等に関する調査研究報告書, 1996.3.
- (2) 兵庫県教育委員会：大震災から立ち上がる兵庫の教育。
- (3) 神戸市教育委員会：神戸の教育の再生と創造への歩み。
- (4) 山口直也, 山崎文雄：兵庫県南部地震の建物被害データに基づく地震動分布の推定と被害関数の構築, 東京大学博士論文, 2000.
- (5) 濱田俊介, 目黒公郎：総合的防災対策支援システムの開発, 土木学会第57回年次学術講演会, -294, 2002。
- (6) 川崎市：川崎市地震被害想定調査報告書, 1988.
- (7) 林康裕, 鈴木祥之, 宮腰淳一, 渡辺基史：耐震診断結果を利用した既存RC造建築物の地震リスク表示, 地域安全学会論文集, No.2, 2000.11.
- (8) 文部科学省：学校施設の耐震補強マニュアルRC造校舎編, 2003.
- (9) 平川倫生, 神田順：終局限界状態以前に発生する破壊時費用の評価, 日本建築大会学術講演梗概集(関東), 1997.