

免震層性能推定手法の有用性に関する検討
ー過去 30 年の震度データベースを利用してー

正会員
同

○宮内智香 *1
永野康行 *2

地理情報システム アドレスマッチング 震度階級
震度データベース

1. 序論

一般的に、経年した免震建物における免震層の性能を把握するといった維持管理は行われない。免震層の性能を把握する手法として、長期モニタリングによって免震層の性能ばらつきの傾向を調査する方法¹⁾や、ジャッキを用いて人工的に建物を自由振動させることで免震層水平剛性を推定する手法²⁾がある。しかし、これらは人的・時間的・経済的コストが大きく、ほとんど実施されない。そこで、著者らは自然現象である中程度の地震動（震度 5 弱程度）を活用し、地震時に既設のけがき式変位計と新設の加速度計によって観測される免震層最大変位と加速度波形を用いて時刻歴応答解析を実施することにより、低コストかつ容易に免震層の性能を推定する免震層性能推定手法（以下、推定手法と呼ぶ）を構築した³⁾。推定手法によって免震層の性能を推定するには、1 つの免震建物が 1 回あるいは複数回、震度 5 弱以上の地震動を経験する必要がある。しかし、免震建物の耐用年数 60 年相当⁴⁾に対して、何回程度震度 5 弱以上の地震を経験するのかについては検討されていない。

本研究の目的は、過去 30 年の震度 5 弱以上を観測した観測点と観測回数について調査し、調査データと市区町村の地図を地理情報システム(以下、Arc GIS Pro)を活用してアドレスマッチングすることにより、震度 5 弱以上を観測した市区町村分布を作成することで、推定手法の有用性を検討することである。

2. 推定に震度 5 弱以上の地震動が必要である理由

推定手法を実装するには、けがき式変位計で測定できる免震層最大変位記録が必要である。つまりは、けがき式変位計のけがき針がけがき板に変位量をけがき始める規模の地震発生を待つ必要がある。一般的にけがき式変位計が変位量をけがき始める地震動レベルは、震度階級で表すと震度 5 弱以上であるとされている。さらに、推定手法によって免震層水平剛性を推定するには、1 回あるいは複数回の地震発生を待つ必要がある。そのため、推定手法を実装しようとする、実際に免震建物が震度 5 弱以上の地震動を 1 回あるいは複数回経験する必要がある。

3. 震度 5 弱以上を観測した回数と観測点の調査

1995 年 1 月 1 日から 2024 年 12 月 31 日の 30 年間で、地震（410 回）発生時に、震度 5 弱以上の地震動を観測した観測点と観測点の住所、その観測点での観測回数を調査した⁵⁾。表 1 に 30 年間の全国震度別観測回数を示す。調査の結果、30 年間で震度 5 弱を 2,663 回、震度 5 強を 1,173 回、震度 6 弱を 447 回、震度 6 強を 139 回、震度 7 を 8 回観測しており、累計 4,442 回も震度 5 弱以上の地震動を観測しているということが明らかとなった。図 1 に震度 5 弱以上を観測した観測点分布（1995 年から 2024 年に観測された地震動）を示す。図 1 は震度 5 弱以上の地震動を観測した観測点の住所を Arc GIS Pro を用いて 2020 年の市区町村界図⁶⁾にアドレスマッチングし、観測点をプロットした地図である。図 1 より、全国の強震観測網 4,368 点のうち、1,881 点の観測点で震度 5 弱以上の地震動を観測したことが明らかとなった。

表 1 30 年間の全国震度別観測回数	
震度階級	観測回数
震度 5	11
震度 5 弱	2,662
震度 5 強	1,173
震度 6	2
震度 6 弱	447
震度 6 強	139
震度 7	8
累計	4,442

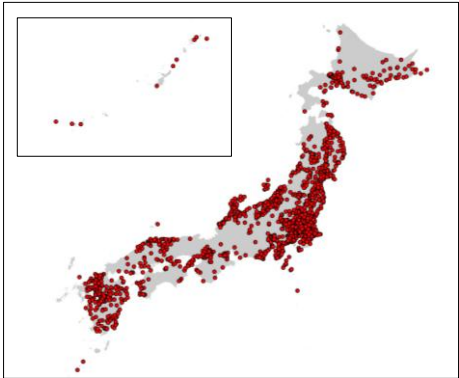


図 1 震度 5 弱以上を観測した観測点分布
(1995 年から 2024 年に観測された地震動)

4. 震度 5 弱以上の地震動を観測した市区町村分布

2 章で調査した図 1 の観測点分布を、観測回数で階級分けし、プロットと重なる市区町村を階級毎に色分けすることで、震度 5 弱以上の地震動を観測した市区町村分布を作成した。表 2 に階級毎の市区町村数と図 2 に震度 5 弱以上の地震動を観測した市区町村分布(1995 年から 2024 年に観測された地震動)を示す。図 2 において、地震活動期である 1995 年から 2024 年の過去 30 年間で、1 回あるいは複数回震度 5 弱以上の地震動を経験したことがある市区町村は全国の 49.2%である事がわかった。また、複数回震度 5 弱以上の地震動を経験したことがある市区町村は全国の 32.5%であることがわかった。

表 2 階級毎の市区町村数

観測回数の階級	市区町村数
1 回	310
2 回から 5 回	388
6 回から 15 回	171
16 回から 30 回	33
31 回から 50 回	8
51 回から 100 回	7
観測なし	948
累計 (2020 年時点の市区町村数)	1,865

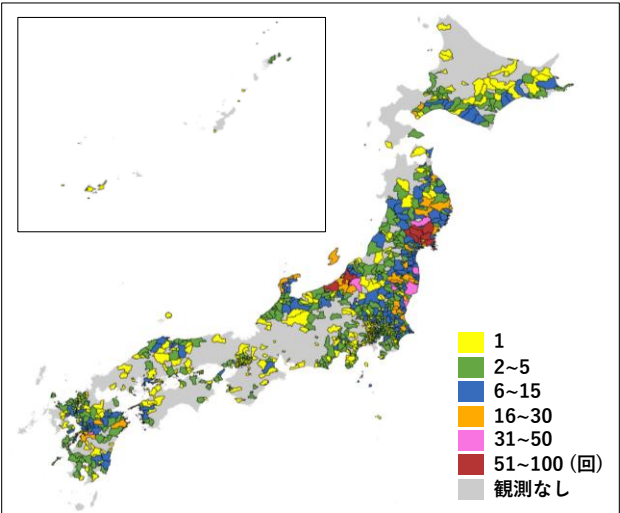


図 2 震度 5 弱以上の地震動を観測した市区町村分布 (1995 年から 2024 年に観測された地震動)

5. 結論

地震の発生を予測することはできない。したがって、将来の震度 5 弱以上の地震動を観測する市区町村分布を作成することは、今のところできない。しかしながら、図 2 を作成したことにより、もし 1995 年から推定手法を実装し始めていれば、現在 32.5%~49.2%の市区町村に所在する免震建物の免震層の性能を定量的に把握できていたと考えられる。図 2 の分布は地震活動期における結果である。そのため、現在から全国の免震建物において推定手法を実装し始めれば、南海トラフ巨大地震が発生するまでの間に、全国の多くの免震建物における免震層の定量的な維持管理を実現できるのではないかと考える。

謝辞

本研究の遂行にあたり、ひょうご震災記念 21 世紀研究機構による研究調査助成事業「演繹と帰納の両面からアプローチによる減災都市に向けた革新的建築設計法」と、JSPS 科研費 JP22K04420 の助成を受けた。科研費の助成においては、東京理科大学工学部建築学科の山川誠教授、東京電気大学未来科学部建築学科の朝川剛准教授に 1 ヶ月に 1 度ご助言を頂きました。ここに感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 高橋悟、金沢健司、北村春幸：免震建物を対象とした基礎版変形量の長期モニタリング、日本建築学会大会講演梗概集(北海道)、構造Ⅱ、pp.69-72、2013 年 8 月
- 2) 長谷川泰稔、飛田潤、福和伸夫、八木茂治、北村敏也：実大免震建物の振動実験と共振観測、構造工学論文集、Vol.46B、pp.307-316、2000 年 3 月
- 3) 宮内智香、平井敬、永野康行：地震時建物応答シミュレーションを活用した免震層水平剛性の推定手法の提案、日本シミュレーション学会論文誌、Vol.16、No.2、pp.72-80、2024、(<https://doi.org/10.11308/tjsst.16.72>)
- 4) 株式会社ブリヂストン：免震ゴム(建築用) 免震 Q&A、https://www.bridgestone.co.jp/products/dp/antiseismic_rubber/question/、(参照 2024 年 11 月 28 日)
- 5) 国土交通省気象庁：地震の活動状況 震央分布、<https://www.jma.go.jp/bosai/map.html#5/38.307/141.021/&contents=hypo>、(参照 2025 年 2 月 5 日)
- 6) 総務省統計局：e-Stat 政府統計の総合窓口、境界データダウンロード、<https://www.e-stat.go.jp/gis/statmap-search?page=1&type=2&aggregateUnitForBoundary=A&toukeiCode=00200521&toukeiYear=2020&surveyId=A002005212020&coordsys=1&format=shape&datum=2000>、(参照 2024 年 2 月 5 日)

*1 兵庫県立大学大学院減災復興政策研究科 博士前期課程
*2 兵庫県立大学大学院減災復興政策研究科 教授・博士(工学)

*1 Grad. Student, Grad. Sch. Dis. Res and Gov., Univ. Hyogo
*2 Professor, Grad. Sch. Dis. Res and Gov., Univ. Hyogo Dr. Eng.