

四国 4 県の免震建物の現地調査報告と免震病院建物の建設場所

池田雄一*¹

Report of field investigation of buildings with seismic isolation in Shikoku and construction sites for hospital buildings with seismic isolation

Yuichi IKEDA

Summary

In this report, to understand the seismic isolation for buildings in Shikoku, a field investigation was applied. The clearance of isolated layers in the seismic isolation of building that had been measured during the field investigation could be determined. The relationship between the construction sites where hospitals with seismic isolation are being constructed and the population of cities, towns, and villages in Shikoku was considered.

Keywords: Shikoku, seismic isolation, clearance of isolated layer in the seismic isolation of buildings, construction sites for buildings with seismic isolation

1. はじめに

日本免震構造協会発行の書籍¹⁾によれば、地震災害時に医療施設がその建物機能を発揮するために、強震動から建物を守ることができる免震構造の採用が記載されている。地震時の災害医療対応能力について、免震構造の優れた耐震性能を示したのが、2011年東北地方太平洋沖地震時の免震構造を採用した石巻赤十字病院である。東日本大震災時の石巻赤十字病院は、災害拠点病院としてその災害医療対応能力を発揮したことが報告されている²⁾。

ところで、南海トラフ巨大地震、四国を走る中央構造線断層帯の地震及びこれに属する断層による地震に対して、四国 4 県は備える必要がある。

そこで四国 4 県について、免震構造を採用した免震建物の設計・建設状況を把握するために、四国 4 県の免震建物の現地調査を行った。その現地調査を基にして、本報告では(1)四国 4 県に建設された免震建物の現地調査の報告、(2)その調査において計測した免震層クリアランスの実計測値の把握、(3)四国 4 県市町村の人口分布に対する免震病院建物とその建設地との関係について、報告する。

2. 四国 4 県の免震建物の現地調査

2.1 免震建物の設計・建設状況

免震構造を採用した免震建物の四国 4 県における建設状況を把握する目的として、現地調査を

* 高知工業高等専門学校 ソーシャルデザイン工学科 まちづくり防災コース 准教授

行った。現地調査においては、免震建物の建設場所・階数・免震層設置位置（免震層が基礎位置にある基礎免震、免震層が中間層にある場合は中間層免震として分類）・上部構造種別（RC造、S造）、そして計測可能であれば免震層クリアランスを計測した。

四国4県に建設されている免震建物に関する情報は、日本免震構造協会・会誌MENSIN³⁾や建築書籍の免震建物紹介⁴⁾を参照して収集した。また、四国4県の免震建物分布状況を紹介しているインターネットサイト⁵⁾についても参考にした。まずこのような文献やインターネットサイトから四国4県の免震建物分布状況を把握して、免震建物の現地調査を行った。現地調査を行った四国4県の免震建物は合計96棟となった。この免震建物96棟の建設地をデジタル地図上（グーグルマップ：マイマップ）に入力して、デジタル地図上に目印を表記して整理し、これを図1に示す。また96棟の免震建物のうち四国各県毎に免震事務所建物及び免震病院建物について、それぞれ1棟ごと、その建物の外観写真を図2～図9に示す。

図1に示した四国4県の96棟の免震建物の用途別に関して、表1にその建物用途の構成を示す。四国4県の96棟の免震建物のうち、その用途が医療施設の免震病院建物は35棟であった。現地調査して把握した四国4県の免震建物の3割以上を占め、その割合は一番多くなっている。

本報告では、公表されている四国4県に設計・建設されている免震建物は、概ね把握していると考えられる。しかし、民間分譲マンションや民間賃貸マンションについては、情報があまり得られていないことに留意する必要がある。

表1の35棟の免震病院建物について、病院名・構造・階数を表2に示す。

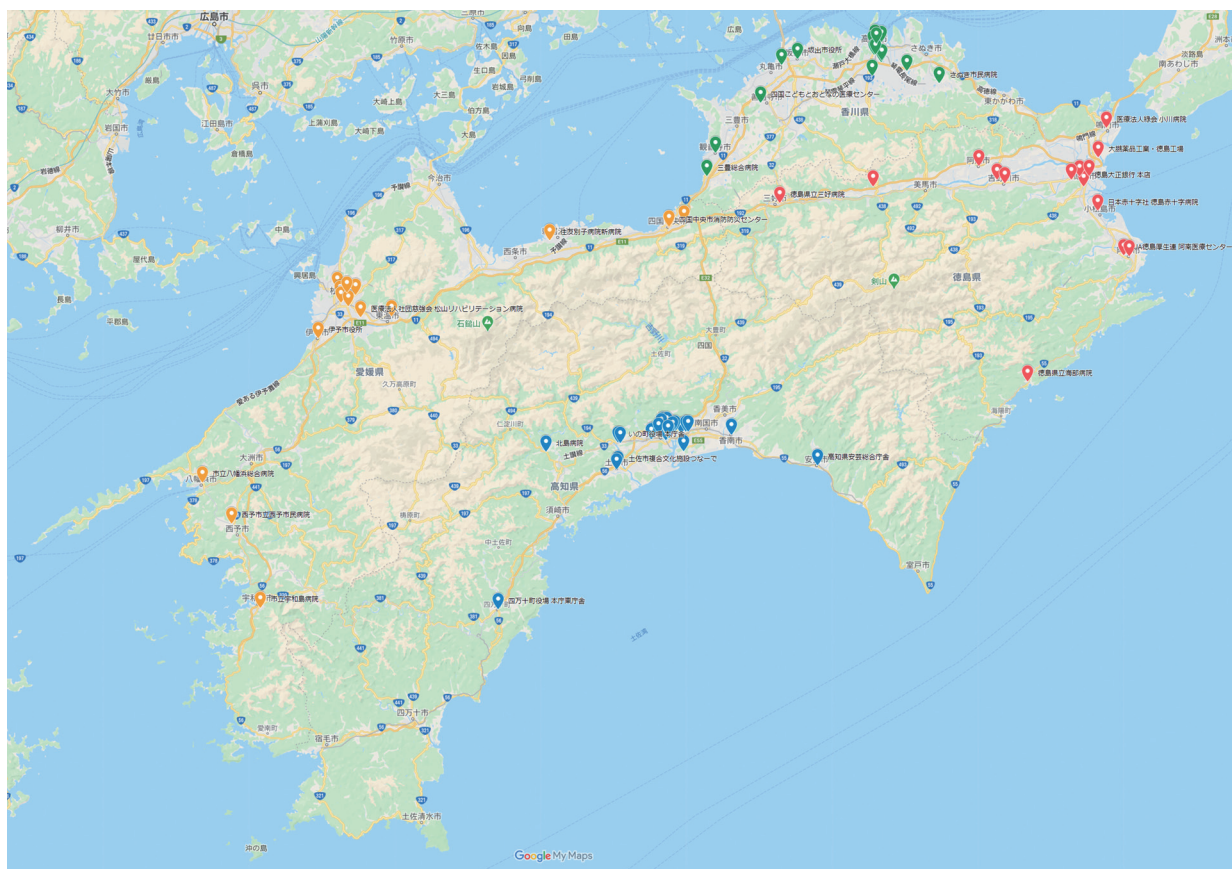


図1 四国4県の96棟の免震建物の分布状況



図2 徳島銀行 本店



図3 徳島赤十字病院



図4 香川県庁・免震レトロフィット



図5 香川県立中央病院



図6 愛媛新聞社本社



図7 愛媛県立中央病院



図8 J A 高知ビル



図9 高知高須病院

表1 免震建物の用途

用途	棟数	割合
医療施設	35	36%
公共事務所	20	21%
民間分譲マンション	17	18%
民間事務所	11	11%
公共施設	7	7%
工場	2	2%
学校	2	2%
宿泊施設	1	1%
老人施設	1	1%
全棟数	96	—

表2 現地調査した四国4県の免震病院建物

No.	県	名称	構造	階数
1	徳島県	徳島市民病院	免震, SRC造	地下1階11階建
2		JA徳島厚生連 阿南医療センター	免震, S造	6階建
3		徳島県立海部病院	免震, RC造	6階建
4		徳島赤十字病院	免震	9階建
5		徳島県立三好病院	免震, RC造	8階建
6		J A 徳島厚生連 吉野川医療センター	免震	3階建
7		小川病院	免震, RC造	6階建
8		徳島県立中央病院	免震, PC造 (プレキャストコンクリート造)	9階建
9		川島透析クリニック	免震	4階建
10	香川県	三豊総合病院	免震, RC造, S造	地下1階地上8階建
11		四国こどもとおとなの医療センター	免震, RC造, 一部S造	8階建
12		高松赤十字病院	免震, S造, SRC造	地下1階地上12階建
13		高松市立みんなの病院	免震, RC造, SRC造, 一部S造	6階建
14		香川大学医学部附属病院	免震, SRC造, 一部S造	地下1階8階建
15		さぬき市民病院	免震, S造	4階建
16		香川県立中央病院	免震, RC造, SRC造, S造	11階建
17		市立八幡浜総合病院	免震, RC造	6階建
18		愛媛県立中央病院	免震, RC造	12階建
19	愛媛県	松山赤十字病院北棟	免震, S造	6階建
20		松山リハビリテーション病院	免震, RC造	9階建
21		愛媛大学医学部附属病院2号館	免震	9階建
22		住友別子病院	免震, S造	7階建
23		HITO病院	免震	11階建
24		市立宇和島病院	RC造 (プレキャストプレストレストコンクリート), 一部S造	地下1階地上10階
25		西予市立西予市民病院	免震, RC造	3階建
26		北島病院	免震, RC造	6階建
27		土佐市立土佐市民病院	免震	5階建
28	高知県	仁淀病院	免震	3階建
29		高知赤十字病院新病院	免震, SRC造	8階建
30		高知医療センター	免震, RC造 (一部SRC)	6階建
31		高知大学医学部附属病院第二病棟	免震, SRC造	7階建
32		近森病院	免震, RC造, 一部S造	本館 地下1階地上13階建
33		島津病院	免震, RC造	6階建
34		高知高須病院	中間階免震構造 (一階柱頭部に免震装置)	6階建
35		町田病院	免震	6階建

3 四国4県の免震病院建物の免震層クリアランス

3.1 免震構造設計者の免震層クリアランスにおける認識

図10-aは2016年熊本地震・本震の強震動を受けた免震構造を採用した熊本県阿蘇市にある医療施設である。この医療施設の免震層に設置されていた図10-bの野書き計が、野書き板に描いた免震層変位応答の変位軌跡を図10-cに示す。図10-cより野書き板に記録された変位応答の最大変位は約92cm（片振幅約46cm）であった。これは国内外を問わず過去最大の免震建物の免震層変位応答量となった。この医療施設の免震層クリアランスは、図10-dに示すように50cmであった。そのため、あと僅か4cm揺れ幅が大きかった場合、免震建物の擁壁への衝突が起こった可能性があった。この実観測記録によって、免震建物に強震動が作用した場合、免震建物の擁壁への衝突の可能性が現実的になってきている。これをふまえて免震構造設計者は、設計レベルを上回る過大地震入力へ対処する必要性に迫られている⁶⁾。

このような状況をふまえて設計者が最も注意を払っていることは、過大地震入力に対する免震構造設計では地震時の〔1〕過大な変位応答量による免震建物の擁壁への衝突問題と、〔2〕積層ゴムアイソレータの引き抜きに関する問題である。〔1〕免震層の過大な変位応答量については、現在まで、免震建物が地震時に大きな免震層変位応答量が生じたことによって、免震建物が擁壁へ衝突したとする報告はない。しかし、免震構造設計者は、熊本地震の阿蘇市医療施設のような事態を考慮して、振動模型による振動実験⁷⁾、免震建物が擁壁に衝突したときに免震建物の応答加速度緩和を目的とした緩衝材の開発⁸⁾に取り組んでいる。なお、〔2〕アイソレータの引き抜きに関する問題については、アスペクト比（塔状比： H/B 、 H ：建物高さ、 B ：建物幅）が大きな場合に問題となるケースが多い。しかし四国4県に建設されている35棟の免震病院建物については、アスペクト比が大きな立面形状を有するものは少なかった。そのため、アイソレータの引き抜き問題については、四国の免震病院建物では大きな問題となる可能性は少ないと思われる。



図10-a 熊本県阿蘇市医療施設



図10-c 免震層変位応答軌跡

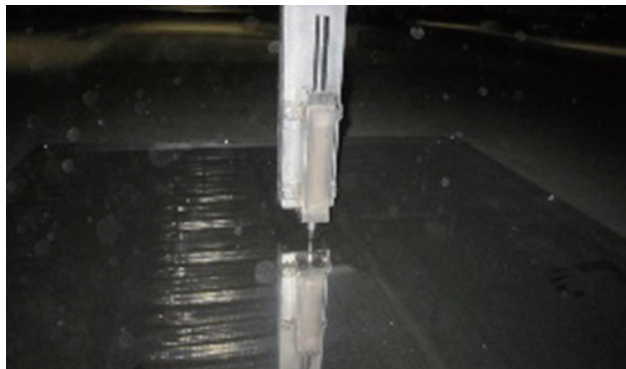


図10-b 野書き計

図10-d 免震層クリアランス



3.2 四国4県に建設されている免震建物の免震層クリアランス

免震建物が設計されるようになった当初、免震層のクリアランスは40cm～50cm程度とした設計・建設が行われていた。これは1982年～2006年までに日本建築センターの性能評価を受けた約1,200棟近くのデータに基づく免震建物の地震応答解析による地震応答性状傾向を把握した報告⁹⁾によれば、免震建物を振動解析モデルに置換した地震応答解析による免震層の応答変位は平均値29.6cmであり約30cmとなる。これに10cm～20cm程度の余裕を加えて、これまでの免震建物の免震層クリアランスは、50cm以下で設計・建設されるケースが多かった。

しかし免震建物の設計に用いられる強震動レベルの増大、近年の地震において観測される強震記録の強さが大きくなるにつれて、設計・建設される免震建物の免震層クリアランスは、50cmを超えて、50cm～60cm程度の免震層クリアランスで設計されるケースが増えている傾向にある。

図11のように敷地内に免震建物が地震時に動ける範囲を確保するため、敷地に免震建物の上部構造の可動範囲が必要になる。これが免震層クリアランスである。しかし、首都圏など地価の高い大都市部では、敷地の有効活用や建築計画の側面から、免震層クリアランスを50cm以上確保することは容易なことではない。これは免震層クリアランスの分だけ建物を建てられないためである。

ところで調査した四国4県の免震建物及び免震病院建物には、県庁所在地のある都市部を除くと、敷地に比較的余裕がある場合が多かった。特に、地域拠点の免震病院建物は敷地に余裕があつて、免震層クリアランスが50cmを超える免震建物が多かった。

現地調査において、実測した免震層クリアランスは、免震建物と擁壁の最短距離とした。免震層クリアランスは、外部から計測できる場合もあれば、免震層クリアランスを覆うような設計ディテールが施されている場合には計測できない。また、警備が厳しい薬品工場の免震建物では、免震建物に近づくことができなかった。このような理由から、96棟のうち計測できた47棟の免震層クリアランスについて図12に示す。図12から免震層クリアランスが50cm以下の免震建物は5棟の免震建物に留まり、四国4県の免震建物の免震層クリアランスは、50cmを超えるものが多く、60cm～65cmの免震層クリアランスを持つ免震建物が一番多くなっていることがわかる。この要因は、敷地に比較的余裕のある免震建物が多かったためであると判断される。よって、四国4県の免震建物の免震層クリアランスについては、首都圏など大都市部に建設されている免震建物とはその敷地条件が大きく異なる。

以上から、1982年～2006年代の免震建物の免震層クリアランスと比較すると、四国4県にある47棟の免震建物の免震層クリアランスは、50cmを超える免震層クリアランスを有して、設計・建設されている。

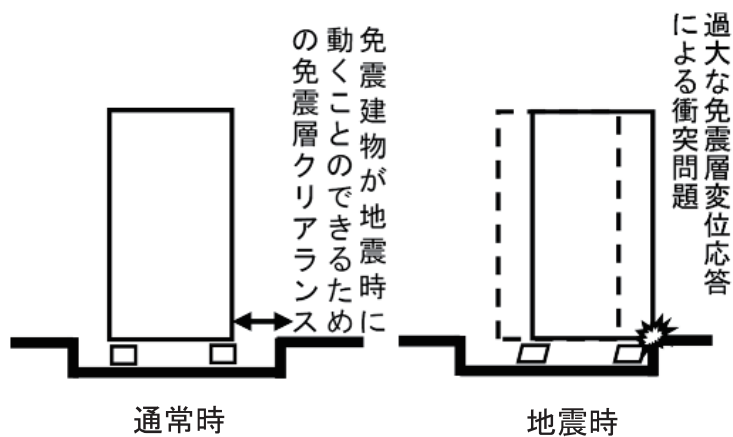


図11 免震層クリアランスと免震建物の衝突問題

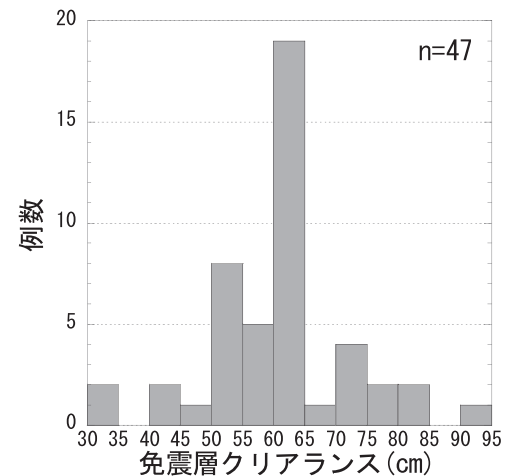


図12 47棟の免震層クリアランス

4 四国市町村の人口分布と免震病院建物の建設地との関係

四国4県の市町村の人口分布の多さを円の大きさを示したものを図14に示す。これに四国4県の免震病院建物35棟の建設分布を示す。図13から四国各県の県庁所在地のある徳島市、高松市、松山市及び高知市に、免震病院建物が多く設計・建設されていることがわかる。

各県別に見ていくと、徳島県については、徳島県立三好病院（表2、No.5）及び徳島県立海部病院（表2、No.3）の建設地は、人口の比較的小さい市町に建設されている。これは徳島市以外の徳島県全体の地震災害時の災害医療の病院機能を確保するために、拠点病院として免震構造を採用していると思われる。同じく愛媛県についても、市立八幡浜総合病院（表2、No.17）、市立宇和島病院（表2、No.24）及び西予市立西予市民病院（表2、No.25）も、比較的人口分布の少ない愛媛県南予地方の拠点病院に免震構造が採用されている。このようにして、県内の拠点病院を免震病院建物にすることにより、地震災害時の災害医療の病院機能を確保しようとする意図が読み取れる。

一方、室戸岬から足摺岬まで東西に非常に長く、広い面積を持つ高知県は、東部・中央部・西部にわけられる。図13から高知市を含む県中央部に免震病院建物が多く設計・建設されているが、高知県の東部・西部には免震病院建物の地域分布は見られない。

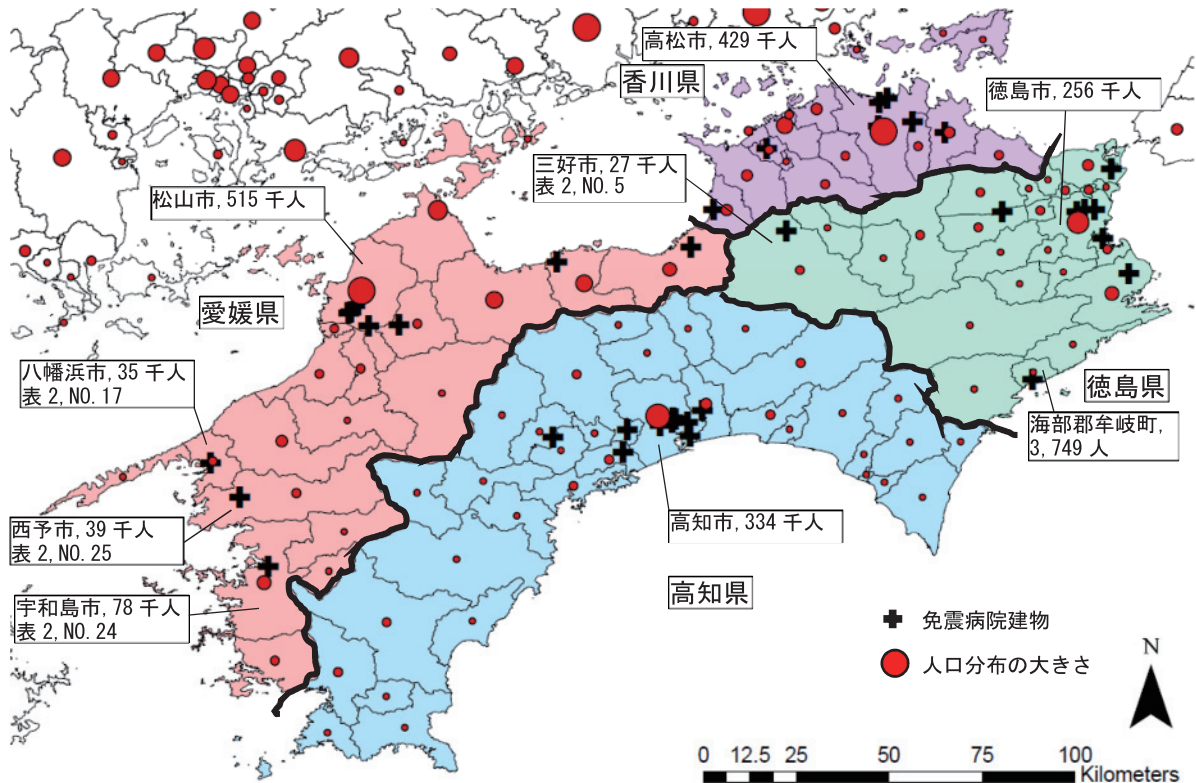


図13 四国市町村の人口分布と免震病院建物の建設地との関係

5. まとめ

本報告では、四国4県の免震構造を採用した免震建物の設計・建設状況を把握するために、免震建物の現地調査を行った。現地調査では、免震建物の免震層クリアランスを実測して把握した。そして、四国4県市町村の人口分布と免震病院建物の建設地との関係を考察した。これをまとめると以下の通りとなる。

- 1) 現地調査を行った四国4県の免震建物は96棟となった。免震建物96棟の用途の内訳は、医療施設の免震病院建物は35棟あり、全体の3割以上を占め、その割合が一番多くなっている。
- 2) 四国4県の免震建物は、敷地に比較的余裕のあり、免震層クリアランスを実測できた47棟の免震建物の免震層クリアランスは、50cmを超えて設計・建設されている。
- 3) 徳島県及び愛媛県では、県全体の地震災害時の災害医療の病院機能を確保するために、人口の比較的少ない市町に、拠点病院として免震病院建物が建設されている。

謝 辞

免震病院建物の調査・整理につきましては、高知工業高等専門学校ソーシャルデザイン工学科まちづくり防災コース5年池田研究室所属の小松晃也君に協力していただきました。

なお、現地調査及び本論文に関しては、令和2年度一般社団法人四国クリエイト協会による研究助成を受け実施いたしました。

以上、小松晃也君及び一般社団法人四国クリエイト協会に関して記して謝意を申し上げる次第である。

参考文献

- 1) 一般社団法人日本免震構造協会編：はじめての免震建築，オーム社第1版，pp.28-29，2000.9
- 2) 世良他：石巻赤十字病院，免震建築訪問記85，MENSIN，No.82，pp.20-25，2013.11
- 3) 渡邊朋宏：高知県本庁舎耐震改修，免震建築紹介，MENSIN，No.76，pp.7-10，2012.5
- 4) 株式会社建築画報社：阿波市庁舎・交流防災拠点施設「アエルワ」，建築画報，第378号，pp.80-81，2019.5
- 5) 四国4県の免震建物を紹介しているインターネットサイト
<https://www.google.com/maps/d/u/0/viewer?mid=1j3Fpxvgylm5fE4rfgliY8RlqXpxAlbOB&ll=33.88580386938154%2C134.25210168842966&z=9>（徳島県，2020/10/27参照）
<https://www.google.com/maps/d/u/0/viewer?mid=1MVZQ7zt0Nt8NayHvUjtZ9lob8T6rvXQV&ll=34.240759133211355%2C134.00453563101965&z=10>（香川県，2020/10/27参照）
<https://www.google.com/maps/d/u/0/viewer?mid=14CSnNoQ8TX6ufn6AamDkj-jxVWF9ndlo&ll=33.65403330566429%2C132.9343189954498&z=9>（愛媛県，2020/10/27参照）
<https://www.google.com/maps/d/u/0/viewer?mid=1nxg2IKReLchlyO0or7cqCXbImwfJ-6Wy&ll=33.555528258411265%2C133.55337230271516&z=16>（高知県，2020/10/27参照）
- 6) 池田雄一：平成28年熊本地震前震・本震の強震動に対する免震建物の免震層変位応答量に関する一考察，－1 質点系弾塑性モデルの地震応答解析による免震層変位応答量の把握－，日本建築学会大会日本建築学会大会学術講演梗概集Ⅱ，pp.1053-1054，2017.9
- 7) 犬伏徹志他：免震建物模型の振動実験による擁壁衝突時応答と建物損傷，その5 剛擁壁および30mmモルタル擁壁衝突実験，日本建築学会大会講演梗概集，振動Ⅱ，pp.783-784，2020.9
- 8) 荒井章之他：免震建物用緩衝材の開発及び適用，（その1）緩衝材の概要と動的加力試験，日本建築学会大会講演梗概集，振動Ⅱ，pp.805-806，2020.9
- 9) 大宮幸，寺本隆幸：免震建物の調査研究－公表されたデータに基づく免震建物の傾向把握－，日本建築学会大会学術講演梗概集，構造Ⅱ，pp.513-514，2006.9

受理日：2020年10月30日

