

戸建住宅における免震・制震装置のライフサイクルコストを 考慮した費用対効果

Cost-benefit Performance to Life Cycle Cost of Single Family Houses
with Seismic Isolators and Vibration Control Devices

高 橋 純 一
TAKAHASHI Junichi

1. はじめに

近年、大地震が起こる可能性が高いと予想されていることより、戸建住宅にも免震・制振装置の建物地震対策技術について注目が集まっている。しかし、免震・制振構造は一般建物よりもコスト高であるという認識が、需要者のみならず供給者にもある。ところが、一般にいわれているコスト高が、実はイニシャルコスト(建築段階に要する費用)またはこれに一部の維持管理費を加えたのみの限定された範囲のコストであり、需要者にとって真に必要なライフサイクルコスト(生涯費用:LCC)として提示されることは、これまでほとんどなかった。

本研究は、地震時における損傷費用を考慮し、一般住宅と免震・制震装置を導入した住宅におけるLCCの比較により、免震・制震装置を備える戸建て住宅の費用を適切に評価することを目的としている。

2. LCCの検討

1) 検討方法

戸建住宅のLCCを表1に示すように(a)設計・事務コスト、(b)建物コスト、(c)免震・制震コスト、(d)維持保全コスト、(e)地震被害修復コスト、(f)解体・処分コストの項目に分類し、各項目についてコストを検討する。次に、すべての項目を積算し、LCCを考慮した免震・制震コスト、地震被害修復コスト、および免震装置、制震装置付帯戸建て住宅の費用対効果を検討する。

住宅建設地点の地価を考慮するために、対象地点を①地震発生確率の高い土地(地震保険料率4等地¹⁾)として静岡県静岡市、②首都圏で人口密度が高い土地として東京都中野区、③首都圏近郊都市として埼玉県さいたま市、④地方中核都市として栃木県宇都宮市の4地点を設定し、各都市について検討している。

建物は木造住宅、2階建て、建物寿命は各住宅会社が設定している60年を用いる。各都県の延床面積は建築統計年報²⁾より、平成14年度着工

表1 LCC区分

イニシャルコスト(IC)	(a)設計・事務コスト
	(b)建物コスト
	(c)免震・制震コスト
ランニングコスト(RC)	(d)維持保全コスト
	(e)地震被害修復コスト
廃棄コスト	(f)解体・処分コスト

表2 各都市平均延床面積

地点	単位:坪	
	平均延床面積	一階床面積
静岡県	39.7	19.9
東京都	35.7	17.9
埼玉県	37.3	18.6
栃木県	40.4	20.2

表3 科目単価の平均値

科目	単位(単価:万円,割合:%)		
	畳単価	坪単価	割合
仮設	0.5	1.8	3.2
基礎	1.1	3.5	6.6
木工	4.9	16.1	29.8
屋根	0.6	2.1	3.9
建具	1.7	5.5	10.2
仕上	3.0	9.7	18.1
ユニット	1.3	4.2	7.7
設備	2.3	7.7	14.3
諸経費	1.0	3.3	6.1
合計	16.3	53.9	100.0

表4 設計・事務と建物のコスト 表5 免震・制震コスト

地点	単位:万円	
	設計・事務	建物
静岡県	89.1	2,140.9
東京都	80.1	1,924.3
埼玉県	83.6	2,008.2
栃木県	90.7	2,178.2

地点	単位:万円	
	制震	免震
静岡県	79.5	357.5
東京都	71.4	321.4
埼玉県	74.5	335.4
栃木県	80.8	363.8



図1 戸建住宅用免震装置一例

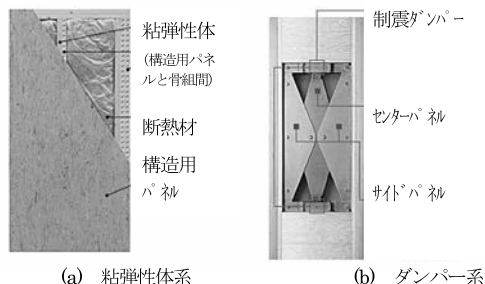


図2 戸建住宅用制震装置一例

新設住宅における木造一戸建て及び持家の戸数と総床面積を抽出し、一戸当りの平均延床面積、1階床面積を求め、表2に示す。

2) 設計・事務コスト

設計・事務コストは、設計費、設計管理費、マネジメント費の合計(確認申請手数料等の検査料金も含む)とする。文献3)を参考に、木造在来工法の設計・事務コストの平均坪単価を2.2万円/坪と推定した。

木造在来工法の設計・事務コストの平均坪単価に各都市平均延床面積(表2)を乗じたものを設計・事務コストとし、表4に示す。

3) 建物コスト

建設物価調査会の資料³⁾による木造住宅の科目単価の平均値(表3)を用いて、合計の53.9万円/坪を平均坪単価と設定した。

平均坪単価に各都県の平均延床面積(表2)を乗じたものを建物コストとし、表4に示す。

4) 免震・制震コスト

免震・制震コストは戸建住宅用免震・制震装置を扱っている住宅会社のHP掲載資料と郵送アンケートにより、坪単価を集計し、平均坪単価を算出している。免震装置(転がり系、すべり系)および制震装置(粘弾性系、ダンパー系)の例をそれぞれ図1と図2に示す。ここで制震装置とよんでいるものは、地震に対する装置を指し、一般にいわれている風に対する振動制御目的の装置とは異なっている。制震装置は延床面積に対する平均坪単価を2万円/坪に設定し、コストを推定している。

免震装置は、通常一階床面積に対する坪単価で表されることが多く、各会社でも同様に表している。一階床面積を延床面積の1/2と設定し、一階床面積に対する平均坪単価を設定している。また、免震装置は組合せによりコストにばらつきがあったため、2種類に区分し、転がり支承+ダンパーを(a)転がり系として18万円/坪、すべり支承+積層ゴムを(b)すべり系として13万円/坪とし、コストを推定している。

制震装置の平均坪単価に各都市の平均床面積を乗じたものを制震装置のコストとした。また、免震装置の平均坪単価に各都市の平均床面積による一階床面積をそれぞれ乗じたものを免震装置コストとした。これを表5に示す。

5) 維持保全コスト

表6 文献3)による維持保全コスト及びLCC

部位	費用	
	(万円)	(%)
外壁・屋根・雨樋	600.9	28.9
浴室	438.8	21.1
台所	408.8	19.6
居室	261.7	12.6
洗面・トイレ	169.9	8.2
玄関・廊下	153.3	7.4
電気配線	36.7	1.8
給排水管	11.2	0.5
合計	2081.3	100.0

	6 0年	割合
	(万円)	
建物	1,663.3	1.00
解体・処分	119.8	0.07
維持保全	2,081.3	1.25
水道・光熱費	1,536.0	0.92
合計	5,400.4	

表7 地震規模と予想被害率

地震規模	震度	一般住宅	制震住宅	免震住宅
大地震	6強以上	100%	50%	20%
中地震	5強～6弱	50%	25%	10%
小地震	5弱以下	20%	10%	0%

(建築コストに対する修復コストの割合)

表8 都県別予想損害額

地点	地震規模	単位: 万円		
		一般住宅	制震住宅	免震住宅
静岡県	大地震	2,140.9	1,070.4	428.2
	中地震	1,070.4	535.2	214.1
	小地震	428.2	214.1	0.0
東京都	大地震	1,924.3	962.2	384.9
	中地震	962.2	481.1	192.4
	小地震	384.9	192.4	0.0
埼玉県	大地震	2,008.2	1,004.1	401.6
	中地震	1,004.1	502.1	200.8
	小地震	401.6	200.8	0.0
栃木県	大地震	2,178.2	1,089.1	435.6
	中地震	1,089.1	544.5	217.8
	小地震	435.6	217.8	0.0

表9 解体費用例

	解体費用例	予想坪単価
	(円)	(万円/坪)
A社	47.7	130.1
B社	40.0	93.6
C社	30.3	97.6
D社	23.0	64.0
E社	33.8	110.0
F社	37.9	135.0
平均		3.0

表10 解体・処分コスト

地点	単位: 万円		
	一般	制震	免震
静岡県	119.2	123.2	139.0
東京都	107.1	110.7	125.0
埼玉県	111.8	115.5	130.4
栃木県	121.3	125.3	141.5

表11 イニシャルコスト(IC)及びランニングコスト(RC)

地点		一般	制震	免震	
				転がり系	すべり系
静岡県	IC	2,166	2,245	2,524	2,424
	RC	4,936	3,869	3,243	3,243
	LCC	7,101	6,115	5,767	5,667
東京都	IC	1,949	2,020	2,270	2,181
	RC	4,653	3,586	2,958	2,958
	LCC	6,603	5,607	5,229	5,140
埼玉県	IC	2,033	2,108	2,368	2,275
	RC	4,763	3,696	3,068	3,068
	LCC	6,796	5,804	5,438	5,344
栃木県	IC	2,203	2,284	2,567	2,466
	RC	4,985	3,918	3,292	3,292
	LCC	7,188	6,202	5,859	5,758

維持保全コストは、小松ら⁴⁾がLCCの区分(表6)を用いて、住宅の寿命60年を想定した際、その期間内の維持保全費用を新築費用の1.25倍としていることを参考に、ここでは建物コストに1.25を乗じた値を用いる。

6) 地震被害修復コスト

地震規模の区分を震度により、大地震、中地震、小地震としている。文献5,6,7)を参考に一般住宅の予想被害率を推定した。免震装置および制震装置を扱っている住宅会社のHPを参考に、免震住宅および制震住宅の予想被害率を推定した。これらを表7に示す。各予想被害率に各都県の建物コストを乗じたものを地震被害修復コストとし、表8に示す。

7) 解体・処分コスト

任意の解体業者6社のHPに掲載されている解体費用例をもとに、木造戸建住宅における解体・処分コストの予想坪単価を算出し、表9に示す。なお、予想坪単価には解体費用のみでなく、処分費用、樹木やコンクリートなどの撤去費用や仮設費、人件費等も含まれている。

これを基に、一般住宅の解体・処分の坪単価を3万円と設定した。文献8,9)を参考に、制震住宅は壁内の制震装置により一般住宅より解体・処分の坪単価が若干高くなると予想され、坪単価3.1万円。免震住宅では土台の下に鉄骨骨組と免震装置があるため、一般住宅と制震住宅より解体・処分の坪単価は高くなると予想され、3.5万円と設定した。

解体・処分の坪単価に各都県の平均延床面積を乗じたものを解体・処分コストとし、表10に示す。

3. 一般住宅・制震住宅・免震住宅のLCC比較

1) イニシャルコスト (建築時費用: IC)

モデル住宅として、文献2)より全国平均の一戸当たりの延床面積を40坪と算出し、そのIC区分及び割合を表12に示す。想定結果より、延床面積40坪、一階床面積20坪の木造住宅の新築時、制震装置は80万円/棟、免震装置は(a)転がり系の場合360万円/棟、(b)すべり系の場合260万円/棟と推定された。ICのみを考慮する場合、制震装置は建物コストの3.7%、免震装置は転がり系で建物コストの16.7%、すべり系で12.1%と推定される。これを表11に示す。

2) ランニングコスト(維持保全+修復費用: RC)

建物耐用期間中の地震修復コストなども含めて、ランニングコスト(RC)として判断すると、制震・免震装置の経済的な利点は高いといえる。RCは

小地震を想定した場合はほぼ差がない。しかし、大規模地震を想定した場合は、図3に示す耐震機構別LCC区分(都市別、地震規模別)からわかるように、各都市ともRCは、一般住宅に比べ、制震住宅が約22%の約1000万円、免震住宅が約35%の約1700万の削減となる。

3) LCC

建物耐用期間中のLCCを考えるとICは、ほんの一部分に過ぎないといえる。表13にモデル住宅におけるICおよびRCの割合を示す。一般住宅ではRCがLCCの約70%を占め、ICの2倍以上となっている。その中でも地震修復コストの占める割合が非常に大きい。しかし、制震・免震住宅は、地震修復コストが大幅に低減され、一般住宅に比べ、LCCに占めるRCの割合が少なく、地震の規模が大きいほどその傾向が顕著

表12 延床面積40坪モデル住宅のIC区分及び割合

区分	一般		制震		免震			
					転がり系		すべり系	
	費用	割合	費用	割合	費用	割合	費用	割合
(a)設計	89.8	4.2	89.8	4.2	89.8	4.2	89.8	4.2
(b)建物	2,155.6	100.0	2,155.6	100.0	2,155.6	100.0	2,155.6	100.0
(c)免震・制震装置	0.0	0.0	80.0	3.7	360.0	16.7	260.0	12.1

(割合:建物コストを100)

表13 延床面積40坪モデル住宅のICとRCの割合

区分	一般		制震		免震			
					転がり系		すべり系	
	費用	割合	費用	割合	費用	割合	費用	割合
IC	2,245.4	31.1	2,325.4	37.4	2,605.4	44.4	2,505.4	43.4
維持保全	2,694.5	37.3	2,694.5	43.3	2,694.5	45.9	2,694.5	46.7
被害修復	2,155.6	29.9	1,077.8	17.3	431.1	7.3	431.1	7.5
廃棄コスト	120.0	1.7	124.0	2.0	140.0	2.4	140.0	2.4
合計	7,215.5	100.0	6,221.7	100.0	5,871.0	100.0	5,771.0	100.0

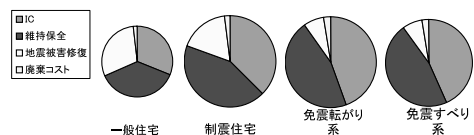


表14 免震・制震住宅の一般住宅に対する割合と差額

地点		一般住宅に対する割合			一般住宅とのコスト差額		
		制震	免震		制震	免震	
			転がり系	すべり系		転がり系	すべり系
静岡県	IC	104	117	112	-79	-358	-258
	RC・廃棄	78	66	66	1067	1693	1693
	LCC	86	81	80	986	1334	1434
東京都	IC	104	116	112	-71	-321	-232
	RC・廃棄	77	64	64	1067	1695	1695
	LCC	85	79	78	996	1374	1463
埼玉県	IC	104	116	112	-75	-335	-242
	RC・廃棄	78	64	64	1067	1695	1695
	LCC	85	80	79	992	1358	1452
栃木県	IC	104	117	112	-81	-364	-263
	RC・廃棄	79	66	66	1067	1693	1693
	LCC	86	82	80	986	1329	1430

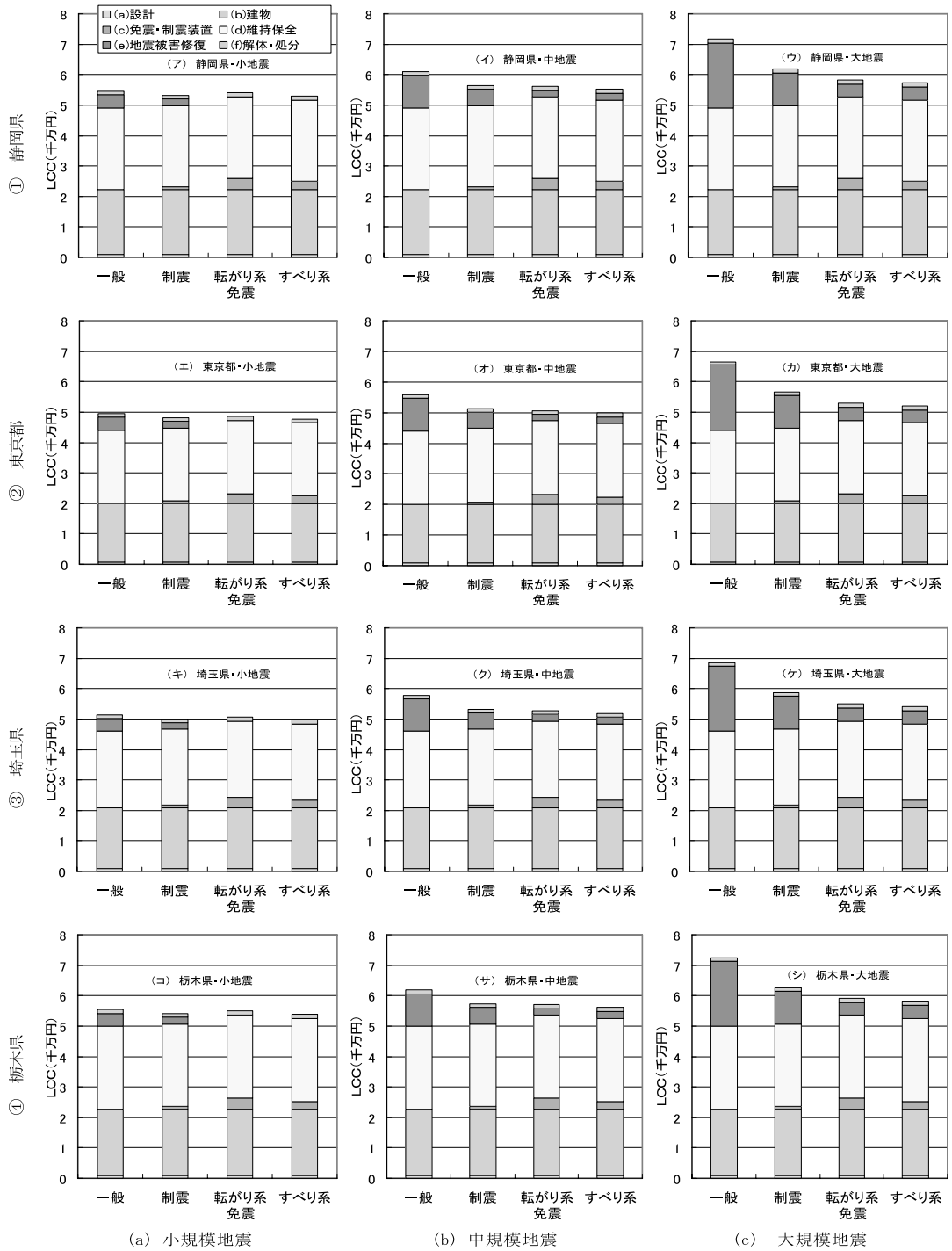


図3 耐震機構別LCC(都市別、地震規模別)

に表れる。大規模地震の場合LCCは、一般住宅に比べ制震住宅は約14%の1000万円、免震住宅は約20%の1400万円のコスト削減となる。

4. おわりに

ここでは、戸建住宅の制震・免震装置のLCCを考慮した対費用効果について検討を行った。ここでは考慮していない、大地震時における人的被害、建物の継続的使用や収容物の損害等の付加価値も考慮すると、さらに、これらの装置の利点は大きいと考えられる。

しかし、LCCでの経済的効果が大きいとはいえ、イニシャルコストでの数百万円の増加は決して低いとはいえない。免震、制振付加機構の利点が認識され需要の増加による価格低下が図られ、さらにローン、税金、地震保険等での割引や補助により、免震・制震住宅は広く普及すると考えられる。謝辞

資料提供を頂いた各住宅会社に謝意を表します。また、資料整理を行なった平成17年度研究室学生、片桐昌洋、白井義一両君に感謝します。

参考文献

- 1) 損害保険料率算出機構：地震保険基準料率表,2004.3
- 2) (財)建設物価調査会：建築統計年報,2003.9
- 3) (財)建設物価調査会 総合研究所：個人住宅工事費のマクロ的価格傾向に関する研究,2005
- 4) 小松幸夫,遠藤和義：戸建住宅のライフサイクルコストの推計, 日本建築学会計画系論文集第534号,2000.8
- 5) 翠川三郎,藤本一雄：計測震度と住家被害率の関係 - 罹災調査結果を用いた検討 -,日本地震工学会論文集,2002.5
- 6) 藤本一雄,翠川三郎,柴野篤志：2003年の宮城県沖、宮城県北部、十勝沖地震における住家被害率と計測震度の関係,日本地震工学会大会, 2004
- 7) (財)日本免震構造協会：考え方進め方 免震建築,2005.5
- 8) (財)経済調査会：積算資料ポケット版総合編,2005.6
- 9) (財)経済調査会：積算資料ポケット版リフォーム編,2005.6
- 10) 石塚義高：建築物のライフサイクルコスト算定方法の開発 - 建築物のライフサイクルコスト算定に関する研究 -,日本建築学会計画系論文集第356号,1985.10
- 11) 小野吉郎,小松幸夫,遠藤和義：戸建住宅のライフサイクルコスト算出に関する研究,日本建築学会大会学術講演梗概集F-1,1999.9
- 12) 野城智也：住宅のライフサイクルコスト(LCC),建築雑誌第111集第1394号,1996.9

