気候条件に配慮した住宅の維持 保全コストに関する研究

A STUDY ON THE HOUSING MAINTENANCE COST ADAPTED TO CLIMATE CONDITIONS

海川拓也 ——— * 1 堤 洋樹 ——— * 2
藤平眞紀子 ——— * 3 恒川淳基 ——— * 4
中島正夫 ——— * 5 藤井義久 ——— * 6

Takuya UMIKAWA ——— * 1 Hiroki TSUTSUMI ——— * 2
Makiko FUJIHARA ——— * 3 Junki TSUNEKAWA ——— * 4
Masao NAKAJIMA ——— * 5 Yoshihisa FUJII ——— * 6

キーワード：
長期優良住宅, 維持保全計画, 気候条件, 維持保全コスト, 地域差

Keywords:
Long-life quality housing, Maintenance program, Climate condition,
Maintenance cost, Regional difference

For appropriate maintenance program, it is necessary to know the regional differences of the climate condition that affect building deteriorations. This study classified the nation into 5 regional categories of the housing maintenance cost adapted to the climate conditions. Moreover, this study suggested 2 methods that of simple and detailed calculations of maintenance cost between 60 years, for comparing with current method as required for long-life quality housing. In the result, the methods enabled to show not only the standard maintenance cost but also the direction of maintenance program suitable for the housing location.

1. はじめに

近年、住宅分野ではストック社会の実現を目指した様々な取り組みが行われているが、例えば長期優良住宅の申請において維持保全計画の作成が要求されるなど、維持保全計画の重要性が見直されている。中長期的な維持保全費用の確保を促す面から見ても適切な維持保全計画の策定は不可欠であるが、地域によって気象条件が大きく異なる日本では、気候条件の違いによる劣化進行を踏まえ維持保全計画を策定することが必要となる。しかし現状の維持保全計画の作成は、基本的に各企業や工務店に任されているため、地域による気候差を反映した維持保全計画であるかは定かでない。¹⁾²⁾

そこで本研究では、長期優良住宅の維持保全計画をもとに、誰でも簡易かつ適切に住宅の建設地の気候条件を配慮した維持保全コストを算出する手法を検討する。なお本研究では、60年間は躯体の補修・交換が不要な木造戸建住宅の維持管理を前提に検証を行う。

2. 研究概要

まず各地域の気候要因が住宅の各部位の劣化に影響を与える度合いを評価し、5つの地域区分を作成する。地域区分を明示することで、住宅の建設地でどの程度維持保全に力を入れるべきか容易に判断が可能となる。

次に、地域区分別に60年間のメンテナンスや交換に必要なコスト(以下「維持保全コスト」)の算出を行う。本研究では大手住宅メーカーの協力を得て、実際に建てられた84件の住宅(以下「物件サンプル」)の維持保全計画から、適切な維持保全に必要な維持保全コ

ストを算出する基準コストを設定する。

最後に、設定した基準を用いて算出した維持保全コストと現状の維持保全計画による維持保全コストを比較することで、本研究で提案する維持保全コストの策定手法の有効性を検証する。

3. 気候条件による地域区分の作成

3. 1 気候条件が住宅劣化に及ぼす影響

日本全国を気候条件により5つの地域区分に分類するために、住宅の劣化に影響を及ぼすと考えられる気候要因を選定し、全国の地上気候観測所(以後「観測所」)の気候データを収集した。

本研究では、住宅の劣化に大きな影響を与えると考えられる気候要因として、年間降水量(以下「降水量」)、年間平均湿度(以下「湿度」)、年間最大積雪量(以下「積雪量」)、年間最低気温(以下「最低気温」)、地下シロアリの分布(以下「シロアリ分布」)の5要因を選定した^{注1)}。なお降水量・湿度・積雪量・最低気温についてはアメダス(地域気象観測システム)³⁾、シロアリ分布については公益社団法人日本しろあり対策協会の資料⁴⁾を参考にした。

その後、各観測所の気候データを3段階で評価(以下「気候評価」)した。なお事前のヒアリングの結果から、維持保全計画に記載されている金額や周期は東京を基準に設定していることが判明したため、各気候評価は東京の気象条件と比較し、東京と同等と考えられるデータは【2】、厳しいと考えられるデータは【3】、緩いと考えられるデータは【1】と設定した。なお各観測地の評価基準を表1、評価例を表2に示す。

¹⁾ ㈱合人社計画研究所 修士(工学)
(〒730-0036 広島市中区袋町4番31号)

²⁾ 前橋工科大学 准教授・博士(工学)

³⁾ 奈良女子大学 講師・博士(学術)

⁴⁾ 前橋工科大学 修士(工学)

⁵⁾ 関東学院大学 教授・博士(工学)

⁶⁾ 京都大学 准教授・農博

¹⁾ GOJIN CO., LTD., M. Eng.

²⁾ Assoc. Prof., Maebashi Institute of Technology, Dr. Eng.

³⁾ Instructor, Nara Women's Univ., Ph. D.

⁴⁾ Maebashi Institute of Technology, M. Eng.

⁵⁾ Prof., Kanto Gakuin Univ., Dr. Eng.

⁶⁾ Assoc. Prof., Kyoto Univ., Dr. Agr.

3. 2 住宅部位からみた気候要因の影響

住宅の部位ごとに、どの気候要因が劣化を促進させる可能性が高いか検討し、メンテナンスの重要性を評価する。なお対象となる住宅部位は、維持保全計画で金額・周期の設定が行われている16部位(以下「保全項目」)とする。

まず各保全部位のうち、性能・要求条件に合わせ「外部」「給湯器」「エアコン」「防蟻処理」「その他」の5つに分類(以下「保全分類」)し、対応する気候要因を検討した(表3)。さらに保全項目ごとに関係する気候評価の平均値を算出し、メンテナンス項目の重要性を評価(以下「保全評価」)した(表4)。

以上の結果から、各観測所の気候条件において東京よりも維持保全の重要性が高い保全分類が明らかになった。

3. 3 地域区分に分類する評価手法

保全評価の結果をもとに地域区分に分類するため、全国の地上気候観測所148地点(以下「観測点」)における気象データから算出した保全評価を統合した係数(以下「地域係数」)を算出する。

まず、維持保全計画が東京基準になっていることから、極端に維持保全コストが高いもしくは低い物件を除く東京10物件の維持保全コストの平均を保全分類別に求め、全体の維持保全コストに対する割合を算出した結果、外部44%、給湯器8%、エアコン26%、防蟻処理7%、その他15%であった。

そこで各保全評価を全体の維持保全コストに対する割合を重みづけた加重平均により、観測点の地域係数を算出する(表4)。例えば浜松(外部2.25、給湯器2.00、エアコン2.33、防蟻処理3.00、その他2.00)の地域係数は2.26と算出される(式(1))。

$$(2.25 \times 44\%) + (2.00 \times 8\%) + (2.33 \times 26\%) + (3.00 \times 7\%) + (2.00 \times 15\%) = 2.26 \quad \dots\dots\dots (1)$$

3. 4 地域区分の設定とマッピング

地域係数の最高値は「奥日光」の2.78、最小値は「東京」他6地点の2.00であった。地域係数が大きい地域ほど相対的に住宅の劣化が進みやすい条件がそろっていると考えられることから、2.78と2.00の間を5区分に等分し、地域係数が最も小さな区分を地域1、最も大きな区分を地域5と設定する。

次に148測定点の地域係数をもとに日本の全地域における地域区分の分布をマッピングするため、観測点ごとに位置情報と地域区分(地域1から地域5)を地理情報システム(GIS)に入力し、ラスタ解析による内挿補間を行った。内挿補間とは、限られた数のサンプルデータ・ポイントからラスタ(2次元平面を細い格子(セル)に分割して表現されたデータ)内の一連のセル値を予測する手法である。この操作により全国の地域区分を面的に表現することが可能となるため、観測点以外の地域についても地域区分が推測可能となる。

なお補完方法はスプライン法(標高や気温などゆるやかに変化する補間結果を得るのに適している補完方法)を用いる。ラスタ解析によるマッピングの結果、以下の傾向が明らかになった(図1)。

・北海道全域や北陸地方の海沿い、東北地方の内陸部などで地域係数が大きい傾向が見られる。これらの地域では維持保全コストを他の地域よりも高く設定することが望ましいと考えられる。

・西日本の全域、特に瀬戸内海周辺は、地域係数が小さい傾向が見られる。これらの地域では維持保全コストを東京都同程度に設定しても問題ないと考えられる。

表1 気候評価の基準

気候要因評価	1	2	3
降水量	1,000mm未満	1,000mm以上 2,000mm未満	2,000mm以上
湿度		68%未満	68%以上
積雪量		33cm未満	33cm以上
最低気温	0℃以上	-10℃以上 0℃未満	-10℃未満
シロアリ分布	生息なし	ヤマトシロアリ	ヤマトシロアリ イエシロアリ

表2 気候評価の設定(一部)

地点名	気候要因					気候評価				
	降水量	湿度	積雪量	最低気温	シロアリ分布	降水量	湿度	積雪量	最低気温	シロアリ分布
奥日光	2,213	76.9	39.7	-13.31	ヤマト	3	3	3	3	2
函館	1,140	72.2	45.0	-11.62	ヤマト	2	3	3	3	2
高田	2,780	75.9	95.0	-5.4	ヤマト	3	3	3	2	2
札幌	1,100	67.8	92.5	-12.16	ヤマト	2	2	3	3	2
青森	1,413	73.9	107.0	-8.3	ヤマト	2	3	3	2	2
鳥取	1,848	72.7	34.7	-3.53	ヤマト	2	3	3	2	2
浜松	1,761	68.7	0.0	-1.51	ヤマト・イエ	2	3	2	2	3
山口	1,898	69.8	7.5	-3.92	ヤマト・イエ	2	3	2	2	3
大阪	1,239	62.8	1.8	-1.19	ヤマト・イエ	2	2	2	2	3
東京	1,628	59.4	3.0	-0.59	ヤマト	2	2	2	2	2

表3 保全分類と気候要因の関係

保全項目	保全分類	気候要因	重み
【基礎・屋根】【バルコニー】【玄関ドア】 【外装部品・軒天】【サッシ・勝手口ドア】 【雨戸・シャッターボックス】【雨樋】	外部	降水量、湿度、 積雪量、最低気温	44%
【給湯器・その他ボイラー】	給湯器	積雪量、最低気温	8%
【全館空調・エアコン】	エアコン	湿度、積雪量、気温	26%
【防蟻処理】	防蟻処理	シロアリ分布	7%
【外部足場】【廃棄物処理・他】 【ユニットバス】【調理コンロ】【排水管】	その他	—	15%

表4 保全評価の算出方法(一部)

地点名	保全評価					地域係数	地域区分
	外部	給湯器	エアコン	防蟻処理	その他		
奥日光	3.00	3.00	3.00	2.00	2.00	2.78	5
函館	2.75	3.00	3.00	2.00	2.00	2.67	5
高田	2.75	2.50	2.67	2.00	2.00	2.55	4
札幌	2.50	3.00	2.67	2.00	2.00	2.48	4
青森	2.50	2.50	2.67	2.00	2.00	2.43	3
鳥取	2.50	2.50	2.67	2.00	2.00	2.43	3
浜松	2.25	2.00	2.33	3.00	2.00	2.26	2
山口	2.25	2.00	2.33	3.00	2.00	2.26	2
大阪	2.00	2.00	2.00	3.00	2.00	2.07	1
東京	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	1

図1 地域区分の分布

4. 地域区分に適した維持保全コストの算出

4. 1 地域区別にみた維持保全コスト

住宅の維持管理計画は、住宅の部材の耐久性と交換時期の関係から設定することが可能である。交換時期が同程度であれば部材の耐久性を調整することで、部材の耐久性が同程度であれば交換時期を調整することで、住宅の気象条件に適した維持保全計画が設定可能である。しかし、各部位の耐久性を簡易かつ定量的に評価することは困難なため、本研究では部材の耐久性を維持保全コストに置き換えることで維持保全計画の妥当性を検証する。

そこで維持保全コストが各地域区分でどの程度異なるかを把握するため、地域区分ごとに現状でどの程度の維持保全コストが計画されているかを調査する。

まず物件サンプルについても建設地の地域係数から地域区分を決定する。なお建設地が明らかな場合は建設地に最も近い気象観測所の地域係数を、建設地が明確でない場合は建設された都道府県の県庁所在地の地域係数を用いる。

次に地域区分ごとの基準となる維持保全コストを設定する。なお各物件サンプルの維持保全コストは、部位ごとに面積・幅・箇所数など(以下「保全数量」)とメンテナンスの単価(以下「保全単価」)により構成され、この積から各保全項目の60年間の維持保全コストを算出することが可能な維持保全計画が設定されている。しかし物件によりプランや規模が異なるため、そのままでは地域区分ごとの比較は難しい。そこで保全単価は各物件サンプルと同じ単価を用いるが、保全数量は東京都の物件サンプルの1つ(以下「物件A」)に揃える(表5)ことで、同プラン・規模の物件の場合の維持保全コスト(以下「換算コスト」)を算出し、地域区別に換算コストの平均を比較した。

その結果、物件Aに対する各地域区分の平均換算コストの割合(以下「保全係数」)は、地域1では102%、地域2では104%、地域3では115%、地域4では118%となった(表6)。なお地域5については該当する物件サンプルが入手できなかった。そこで地域1から地域4までの保全係数の分布を近似直線を用いて整理するとともに、地

域5の保全係数を推計した。その結果、決定係数が0.971の回帰直線(図2)が得られたことから、地域1は101%、地域2は107%、地域3は113%、地域4は119%、そして地域5は125%を各地域区分の基準保全係数とする。

以上の結果から、地域係数が高い地域に建設された住宅ほど維持保全コストを高く設定する必要があること、また気候条件が最も厳しい地域5では維持保全コストを東京(地域1)に比べて1/4程度高めに設定することが望ましいことが明らかになった。

なお物件Aの㎡(延床)当りの60年間の維持保全コストは169,666円であるため、地域1は㎡当り・60年間で17万円、地域2は18万円、地域3は19万円、地域4は20万円、地域5は21万円程度の維持保全コストを見込んだ維持保全計画が適当だと考えられる(表7)。

表5 物件Aの保全項目

保全項目	保全量		保全項目	保全量	
	単位	数量		単位	数量
基礎・屋根	㎡	60.1	給湯器・ボイラー	台	1
バルコニー	㎡	9.9	全館空調・エアコン	式	1
外壁	㎡	208.8	防蟻処理	㎡	54.4
外装部品・軒天	㎡	42	外部足場	㎡	107.2
玄関ドア	本	1	廃棄物処理・他	㎡	107.2
サッシ・勝手口ドア	本	1	ユニットバス	箇所	1
雨戸・シャッターボックス	箇所	3	調理コンロ	台	1
雨樋	m	28.8	排水管	式	1

表6 物件A換算の維持保全コスト

地域区分	サンプル数	基準換算コスト	基準/物件A
物件A	1	¥18,544,488	—
地域1	28	¥18,851,779	102%
地域2	27	¥19,239,962	104%
地域3	18	¥21,363,269	115%
地域4	11	¥21,865,486	118%
地域5	0	—	—

図2 回帰式からみた換算コストの推計

表 7 地域区分別にみた㎡(延床)当り維持保全コスト

地域区分	物件 A 延床面積単価	気候係数	概算コスト単価
地域 1	¥169,666	1.01	¥170,684
地域 2		1.07	¥180,898
地域 3		1.13	¥191,112
地域 4		1.19	¥201,326
地域 5		1.25	¥211,540

4. 2 部位別に見た維持保全コスト

保全係数を用いることで、地域の気候差を考慮した維持保全コストの概算は可能になるが、実際には各部位ごとに必要となる維持保全コストは住宅の建設地によって異なる。そこで保全評価と保全係数の関係から各部位の保全係数を逆算し、維持保全コストの部位別標準単価を求める。

ここで部位別の保全係数は物件 A の保全単価を基準としているため、保全評価が 2.00 の部位は保全係数が 1.00 になるよう設定すると、部位別の保全係数は式(2)、気候係数は式(3)で算出できる。

$$B_n = a(H_n - 2) + 1 \quad \dots\dots\dots (2)$$

ただし、 B_n : 部位別の保全係数 a : 定数

H_n : 部位別の保全評価

$$K = \sum \{a(H_n - 2) + 1\} b_n \quad \dots\dots\dots (3)$$

ただし、 K : 気候係数

b_n : 維持保全コストに占める保全分類の割合

なお保全係数が最も高く、最も維持保全コストが割高になると考えられる「奥日光」の保全係数は、地域 5 の 125% より高く設定することから、保全係数の基準を求めた回帰式の変数 x に 5.5 を代入した 128% を採用する。式(3)に「奥日光」の気候係数 1.28 を代入すると定数 a は 0.36 と算出されることから、部位別の保全係数の算出は式(4)となる。

$$B_n = 0.36H_n + 0.29 \quad \dots\dots\dots (4)$$

式(3)、式(4)を用いると部位別に保全係数が求まるため、気象条件に適した維持保全コストを部位別に評価することが可能になる。

5. 現状の維持保全コストとの比較

以上の検討により、60 年間の維持保全コストを 2 種類の算出方法から求めることが可能となった。ここでは現状の維持保全コストと比較することで、現状の維持保全コストが適切と考えられる維持保全コストからどの程度乖離しているか把握する。

まず物件サンプルの地域区分ごとの㎡当り標準維持保全コスト(表 7)に物件サンプルの延床面積を掛け合わせ算出した維持保全コスト(以下「概算コスト」)を求める。同様に部位別保全係数から求めた部位別㎡当り標準維持保全コストに各部位の数量を掛け合わせ算出した維持管理コスト(以下「詳細コスト」)を求める。

この概算コストと詳細コストを地域区分別に平均し、現状の維持

保全コスト(以後「現状コスト」)と比較する。その結果、概算コストは気象条件が厳しい地域区分ほど現状コストよりも高くなる傾向が見られる。一方、詳細コストは地域区分に係わらず現状コストに比べ 1 割程度高い傾向が見られる(表 8)。

以上の結果から、概算コストは地域区分と延床面積から簡易に算出できるが、プランの違いに対応できず維持管理コストが高めに算出される傾向が見られる。一方、プランの違いにも対応している詳細コストは適切な維持管理コストが算出されていると考えられることから、現状コストは全体的に低く抑えられていると考えられる。

表 8 現状コストとの比較

地域区分	現状コスト	概算コスト	現状/ 概算	詳細コスト	現状/ 詳細
地域 1	¥20,942,272	¥21,784,030	99%	¥23,286,121	91%
地域 2	¥21,995,787	¥26,619,610	85%	¥24,301,037	91%
地域 3	¥23,657,315	¥29,897,709	82%	¥26,336,899	90%
地域 4	¥24,327,327	¥34,880,599	68%	¥25,429,567	93%
地域 5	-	-	-	-	-

6. まとめ

住宅の劣化に影響を及ぼす気候要因を考慮して全国を 5 地域区分に分類しマッピングを行うことで、維持保全コストを高く設定すべき地域が誰にでも容易に判明する資料を作成した。

また 60 年間の維持保全コストを地域区分と延床面積から概算する簡易な算出手法と、部位ごとに適切な維持保全を積み上げる詳細な算出手法から、住宅の建設地の気候条件に適切な維持保全コストの基準を提示した。

その結果、これら 2 つの算出結果をふまえ現状の維持保全コスト妥当性を検討することが可能となった。また維持保全コストの基準をもとに、部材の耐久性もしくは交換時期を調整することも可能だろう。今後は劣化調査などによる本成果の精度の向上に加え、塩害など局地的な劣化現象や住宅の利用方法の違いにも配慮することで、より劣化実態に即した維持保全計画の策定手法を検証したい。

謝辞

本研究は平成 24 年度木造長期優良住宅の総合的検証事業(国土交通省助成事業)の一環として行った。ここに記して謝意を示す。

注

注 1) 塩害被害は海岸沿いで発生する局所的な劣化現象とみなし本研究では除外した

参考文献

- 1) 木造長期優良住宅の総合的検証委員会耐久性分科会：木造長期優良住宅の総合的検証委員会耐久性分科会平成 22 年度報告書
- 2) 海川拓也、堤 洋樹、水出有紀、中島正夫、藤平眞紀子、藤井義久：長期優良住宅の維持保全計画の最適化に関する研究－気候差を考慮したマニュアル化の検討－、第 28 回建築生産シンポジウム論文集, pp. 273-278, 2012. 7
- 3) 気象庁：アメダス(過去の気象データ)
<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>
- 4) 公益社団法人日本しろあり対策協会ホームページ
<http://www.hakutaikyo.or.jp/>

[2013 年 2 月 18 日原稿受理 2013 年 4 月 1 日採用決定]