

戸建住宅の検査・点検周期に関する考察

Consideration about Inspection Cycle of Detached Houses

○堤洋樹*1、水出有紀*2

TSUTSUMI Hiroki, MIZUIDE Yuki

It's common knowledge that routine inspections are necessary for the life extension of houses. But existing routine inspections have not been responding properly to initial failures and defects. On the other hand, routine inspections have the fear to place needless strain on owners. This study considers about inspections cycle of detached houses with reliability engineering, and examines one of the approach to the efficient housing maintenance programs. Comparing 3 models that the relationship between troubles as deteriorations and aging, the application of the reliability engineering is useful for reviewing the timing of inspections and making the long-term housing maintenance program.

キーワード：戸建住宅，検査・点検周期，改修，信頼性工学，維持保全計画

Keywords: Detached House, Inspection Cycle, Renovation, Reliability Engineering, Maintenance Program

1. はじめに

持続可能な社会の基盤となる建物の長寿命化を実現するためには、建材や設備の劣化や故障など不具合の発生を最小限に抑え、快適かつ安全な空間を継続的に確保する改修を実施するための適切な検査や点検が不可欠である。例えば定期検査・点検の重要性は、既に多くの建物で法定点検をはじめとした定期検査・点検が実施されていることから、建設業界では周知されていることは間違いないだろう。

しかし瑕疵などに代表される建物の初期不良や建材の劣化などの不具合の実態をみると、定期検査・点検では不具合の急速な進行に対応できていない可能性、また所有者に必要以上の負担を強いている可能性も考えられる。そのため、部材に不具合が発生する確率(以後「不具合率」)に合わせて検査・点検を実施する期間や周期を設定する手法が確立すれば、定期検査・点検より効果的な維持保全が可能となり、結果的に建物の長寿命化が実現するのではないかと考えた。

そこで本研究では、主に戸建住宅を対象とした維持保全に関する調査・分析から住宅の不具合率と経年の関係をモデル化し、建物の部材(以後「部材」)の利用期間や不具合が発生する確率を算出することで、検査・点検時期や効率的な維持保全計画について考察を行う。

2. 研究方法

2.1 不具合率と検査・点検

不具合の状態を随時把握するのは現実的には困難であり、不具合の早期発見と被害の拡大を最小限に抑えるためには不具合率の上昇に合わせた検査・点検の実施が求められる。また検査・点検ができない部位は、仮に不具合が発生していなくても一定以上の不具合率になった時点で改修を実施する予防保全が望ましいと考えられる。

そのためには不具合率の経年変化を正確に把握する必要があるが、これまで不具合率の経年動向については、あまり検証されていなかった。そこで本研究では、検査・点検時期を不具合率の経年変化から検討する。

*1 前橋工科大学、准教授、博士(工学)

*2 前橋工科大学、客員研究員、博士(工学)

Associate Professor, Maebashi Institute of Technology, Dr. Eng.
Visiting Researcher, Maebashi Institute of Technology, Dr. Eng

2.2 不具合率と経年の関係

まず本研究では、不具合率と経年の関係に近いと考えられる3つの不具合発生モデルを作成する。

なお対象個所の累積不具合率が前回検査・点検時より10%上昇する毎に検査・点検を実施する必要があると仮定する。また予防保全の観点から、対象個所の不具合率の累積が70%を越えた時点で全面改修の実施時期だと仮定し、それまでの期間を寿命と定義する。

建材や設備、また複数の建材から構成されている建物の部材は、一般的な利用状況であれば固有の寿命を持つと考えられるが、本研究では3モデル間の比較を行うため、累積不具合率が経年20年で50%、40年には100%となる部材を仮定して検討を行った。

2.3 不具合発生モデルから実際の住宅への適用

不具合発生モデルを用いた適正な検査・点検時期と改修時期の検討結果を、現実の住宅における維持保全に活用するため、3モデルの中から最も実現性の高い不具合発生モデルを様々な角度から選定し、その設定条件を実際の住宅や部材の実態と比較検討することで、現実的に最も効率的であると考えられる住宅の検査・点検時期を考察する。

3. 不具合の発生傾向のモデル化

3.1 定期検査・点検を前提とした不具合発生モデル

定期検査・点検を不具合率から再定義すると、定期検査・点検は不具合率に変化がない場合に最も効率的であると見なすことができる。つまり不具合率が経年にかかわらず常に一定であれば、定期検査・点検は最も効率的な検査・点検手法である。そこで定期検査・点検を前提とした不具合発生モデル(以後「モデルA」)を検証する(図1)。

モデルAが住宅における不具合の実態に即していれば、累積不具合率が10%上昇する4年毎に検査・点検を実施

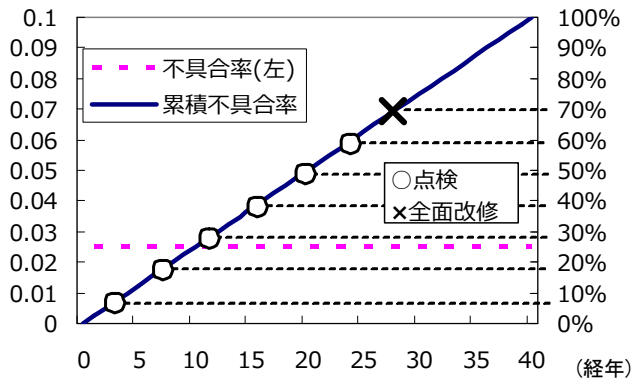


図1 定期検査・点検を前提とした不具合発生モデル(モデルA)

し、70%になる28年を過ぎた時点で全面改修を実施する維持保全計画が効率的である。

なお既存の住宅の維持保全では、基本的に5年以内の定期検査・点検、30年以内に改修の実施を前提としている(表1¹⁾⁻⁵⁾こと、またこれまで蓄積された検査・点検の

表1 文献における部位別の点検および改修周期(単位:年)

対象部位		点検		改修			
部位名	部材名	最短	最長	最短	最長		
躯体	軸組・小屋組	10	15				
	床	4	5	20	30		
	基礎・土台	コンクリート布基	5	6			
		土台	4	5	20	30	
外部仕上	屋根	瓦葺き	5	6	20	35	
		彩色石綿瓦葺き	4	6	15	30	
		金属板葺き	2	5	10	24	
		シングル葺き			24	24	
		スレート瓦	5	5	15	30	
		雨どい	2	5	7	30	
		露出アスファルト	1	2	10	24	
		防水の修繕					
		アスファルト防水	1	2	30	30	
		押さえ工法					
アルファルト防水	1	2	20	20			
外部仕上	外壁	モルタル	2	5	9	30	
		サイディング	2	5	15	20	
		金属板	2	5	10	20	
		板張り	2	3	15	20	
		コンクリート打放	1	2	8	15	
	バルコニー等	木部	1	5	5	20	
		鉄部	2	5	10	15	
		アルミ部	3	5	20	30	
		手すり上端、壁	1	2	8	15	
	外部建具	玄関建具	2	5	15	30	
		雨戸、網戸	2	5	15	30	
		アルミサッシ	2	3	20	30	
	内部仕上	天井	モルタル塗りの塗	1	2	10	14
			打放しコンクリートの塗替	1	2	10	14
			吹付塗装天井	1	2	8	12
床		フローリング	5	5			
		タイル張りの取替	1	5	15	30	
		モルタル塗替	1	2	10	15	
		張り床の取替	1	2	10	21	
内部建具		木製建具	2	5	2	20	
		ふすま	1	5	2	20	
		障子	1	5	1	20	
設備	給水設備	水栓器具	1	5	5	15	
		給水管の取替	1	5	15	30	
	排水設備	排水管、トラップ	5	5	5	30	
	電気設備		1	5	10	20	
	換気設備		1	5	10	20	
ガス設備	給湯器	1	5	5	10		
	ガス管	1	1	15	30		

経験や分析から従来の検査・点検周期が設定されていることから、定期検査・点検が建物の維持保全の基本であることは間違いない。

ただし近年、特に平成12年に「住宅の品質確保の促進等に関する法律」が制定され瑕疵担保期間が10年となった頃から、定期点検に加え竣工後数ヶ月から数年の間に複数回の検査・点検を自主的に実施する施工業者が増えている。つまり従来の定期検査・点検だけではなく、初期不良や瑕疵などの発生を配慮した検査・点検を追加する動向が見られることから、不具合発生の実態に則したモデルを検討する必要があると考えられる。

3.2 改修や建て替え時期からみた不具合発生モデル

住宅の改修や建て替えに関する実態調査などから、改修や建て替えを実施する時期はある期間に集中し、その後改修や建て替えを実施する住宅は次第に少なくなる傾向が見られる(図2^{註1)})。そこで実際の改修や建て替えの件数と経年の関係と同様に、経年20年に不具合率のピークを迎える正規分布に当てはめた不具合発生モデル(以後「モデルB」)を検証する(図3)。

モデルBの不具合率は経年により大きく異なり、検査・

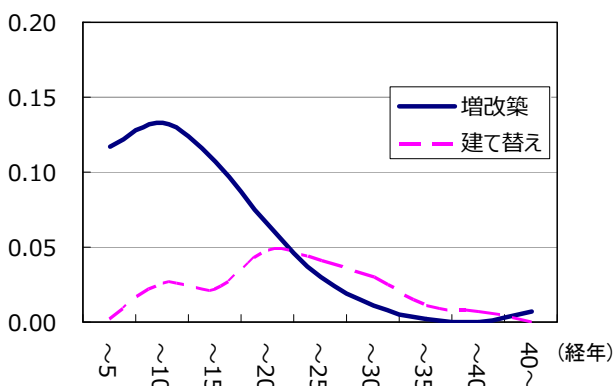


図2 戸建住宅の増改築と建て替え時期の分布(N=460)⁶⁾

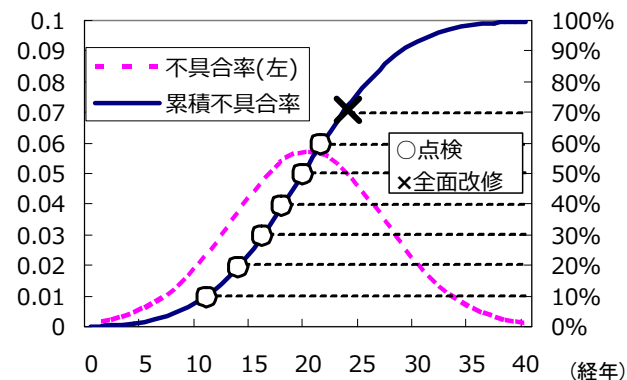


図3 改修や建て替え時期からみた不具合発生モデル(モデルB)

点検の時期は経年11年(累計不具合率10%)、14年(同20%)、16年(同30%)、18年(同40%)、20年(同50%)、22年(同60%)、24年(同70%)と、竣工後20年前後に集中する。モデルBが住宅における不具合の実態に即していれば、経年が10年を超えてから2~3年に1回点検を実施し、24年を経過した時点で全面改修を実施する維持保全計画が効率的である。

モデルBは、現実に改修や建て替えが行われる傾向と感覚的に近く、実体験を通して理解しやすいことから、モデルAに比べて不具合発生モデルに適していると認識される場合も多い。しかしこのモデルBは不具合率の傾向を示している訳ではなく、所有者の経済状況や近隣の改修時期など外的要因も含んだ住宅の個体差の分布を示していると考えられる。またモデルBは、モデルAと同様に初期不良や瑕疵による不具合に対応できていないこと、また古い建物ほど点検・改修を行う必要がなくなるなど現実の建材や設備の不具合発生傾向とは逆の動向を示すため、点検・改修周期の検討には不適切なモデルだと考えられる。

3.3 信頼性工学からみた不具合発生モデル

本研究ではモデルAやモデルBよりも現実的なモデルを検討するため、信頼性工学⁷⁾の概念に着目した。

信頼性工学では、ユニットの集合体でありサブシステムから構成されている機械や装置は基本的に一番弱いところが故障することに着目し故障率を解析する。なお故障率の時間的変化を次の3つの時期に分類している。

- ①初期故障期：故障率が時間と共に減少
- ②偶発故障期：故障率が時間に関わらず一定
- ③摩耗故障期：故障率が時間と共に増加

主に①は初期不良、②は偶発故障、③は材料劣化・摩耗による故障に対応し、これらの故障率が連続した曲線は、その形からバスタブ(湯船)曲線と呼ばれている。このバ

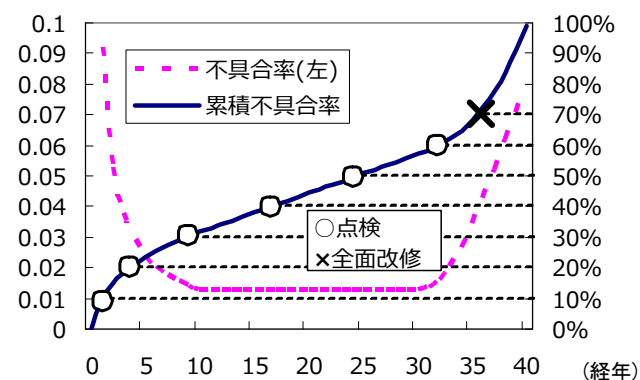


図4 信頼性工学からみた不具合発生モデル(モデルC)

スタブ曲線を不具合率と経年の関係に当てはめた不具合発生モデル(以後「モデルC」)を検証する(前頁図4^{注2)}。

モデルCの不具合率も経年により大きく異なり、経年2年(不具合率10%)、4年(同20%)、9年(同30%)、17年(同40%)、24年(同50%)、32年(同60%)、36年(同70%)と、検査・点検の時期は竣工後直後と不具合率70%直前に集中する。つまりモデルCが現実には即していれば、初期点検を重点的に実施することでモデルAやモデルBよりも中期以降の検査・点検周期を長く設定することが可能となる。また建材の経年もモデルAやモデルBよりも長い36年を経過した時点で全面改修を実施する維持保全計画が可能となる。

なおバスタブ曲線は、継続的な運用や利用者の安全に対する要求が住宅以上に求められる航空機や機械設備の品質管理で一般的に利用されていること、またモデルAやモデルBでは対応できていない初期不良や瑕疵などに対しても対応していることなどから、モデルCは住宅の品質管理にも充分適用可能だと考えられる。

4. 効率的な検査・点検の時期

4.1 建材と部材の関係

住宅と機械・装置とでは、求められる精度や品質が大きく異なるため、信頼性工学を建物の維持保全に適用することは厳密には難しい。しかし近年、建材や部材の品質に対する要求が高いこと、機械・装置と同様に一般的な部材は多種多様な建材から構成されていること、さらにプレカットやパネル化などによる工場生産の比率が高まっていることなどから、住宅の検査・点検にも信頼性工学の概念を適用することは十分可能であると考えられる。そこで本研究の考察では、外壁・屋根・内装・床・基礎・水回りといった部材毎に検査・点検や改修を実施すると仮定し検討を行う。

なお不具合発生モデルでは不具合率が100%になるまでの期間(以後「最大期間」)を40年としたが、実際の検査・点検や改修に不具合発生モデルを活用するためには、最大期間を何年に設定するかが鍵となる。そこで、最も部材の不具合発生の傾向に近いと考えられるモデルCを前提に一般的な部材の最大期間を検討する。

4.2 建材の保証期間

既に3.2でも述べたように、部材の寿命は利用者の環境や意識に大きく影響されること、また明確な基準がないこと、さらに戸建住宅は基本的に敷地・経済条件などに合わせた一品生産が大多数を占めるため、改修するまで

の期間は住宅の個体差が大きい。そのため実態調査から建材や部材の寿命を工学的に設定することは難しく、現状の維持保全計画で設定されている交換周期などを参照するしかないのが現状である。

表2 建材の保証期間(単位:年)

分類	保証期間	建材名	保証対象
屋根材	30	Tルーフ	表面コート 保証10年
		ミラノ	20年の美観保証
		コロナ	
		オベロン	
		ディーズルーフィング	表面コート10年
		コロナ	
		オークリッジプロ	
		オークリッジプロ・スー	
		コロナ	
	セキスイかわらS	表面コート保証は10	
	20	ディプロマット	塗膜
		段王	塗膜
		センター横暖ルーフ プレミアム など	塗膜変褪色
		横暖ルーフ プレミアム	
		センターハイルーフ	
	10~20	ニュールーフィックス	
	15	カレッセ	サビ、色あせ
	10	ROOGA	基材保証は工事完了日から30年
		カラーベスト	
		Tルーフ	
		アンパサダー	
		さいわいルーフ1~8型	カラー
		パフコ・グラスファイバー シングル など	
		リッジウェイ	
		横暖ルーフ きわみ	塗膜
		横暖ルーフ テラコッタ	
		ROOGA	
カバールーフ		赤錆	
10	日米式210s		
	横置き230幅		
	センター横暖ルーフ きわみ など	塗膜	
	コロナルーフィングシステム	材料品質は30年保証	
	金属サイディング	穴あき・赤さび	
外壁材	10	UBボード16シリーズ	色
		UBボード15シリーズ	
		光セラ	
		親水セラ	
		モエンアートLS	塗膜
		LICボード	剥離保証
		ガルバリウム鋼板使用商品	赤錆
		はる・一番	
		ラムダ	
		FB型 モザリナ など	赤錆
2	住宅用建材商品	商品の不具合の場合	

しかし部材を構成する建材については、保証期間を明記している建材メーカーもあるため、インターネットを用いた建材の保証期間を調査した。

その結果、5年から20年ほどの保証期間が付いている屋根材や外壁材、塗料などが確認された(前頁表2)。建材の保証期間だけからその建材からなる部材の保証期間とすることはできないが、特に屋根材や外壁材は同一建材で仕上げる割合が高いことから、部材の寿命を推定する材料の一つになるだろう。

しかし保証期間が明示されている建材は全体から見ればごく僅かであること、また建材メーカー数社に保証期間の決定方法や信頼性工学的な検討について問い合わせたものの、明快な回答が得られなかった。このような状況からも、耐久性に対して工学的なアプローチを行っている建材メーカーはほとんどなく、保証期間を工学的な検証を基に設定する機械や装置などとは異なり、これまでの経験則や単純な実験や計算から割り出した年数である可能性が高い。

以上の点から、建材の保証期間を明示することは現状では困難であり、建材の保証期間から部材の寿命を推測することも難しい。ただし品質管理が徹底している建材メーカーであれば初期不良は出荷以前に除かれていること、また保証期間中であれば基本的に無償交換が必要になることから、保証期間は偶発故障期を念頭に設定されていると考えられる。

つまり建材については、基本的には出荷前に初期不良品が取り除かれるため、初期故障期は無いと見なすことが可能だと考えられる。一方、部材については複数の建材から構成されているため初期不良や瑕疵が発生する可能性は建材に比べて高く、部材の維持保全計画にはモデルCを適用した検証が妥当であろう。

4.3 部材別の不具合発生率の変化

戸建住宅を対象にした調査ではないが、既往研究⁸⁾⁹⁾の結果によると経年15年以降に維持保全費の費用は15年までの維持保全費よりも上昇する傾向が見られる。また図2でも示したとおり、住宅の改修は経年10年頃に集中する傾向があることを踏まえると、外壁・屋根・内装・水回りなどの部材については10年から15年程度で偶発故障期から摩耗故障期に切り替わる時期だと見なすことが可能である。

そこで摩耗故障期までの経年を15年と仮定しモデルCに当てはめると、最大期間を40年から20年に短縮したモデルになるため、不具合率は経年1年(不具合率10%)、

2年(同20%)、4年(同30%)、8年(同40%)、12年(同50%)、16年(同60%)、18年(同70%)となる。そこで竣工直後は1年間隔、4年を過ぎた後は4年間隔に検査・点検を行い、18年程度経過した時点で全面改修を行う維持保全計画が最も効率である。

最近一般的な定期検査・点検計画では基本的に5年程度を検査・点検周期の単位としていること、また竣工後間もない時期に自主的に検査・点検が一般的に行われていることから、信頼性工学を適用した不具合発生モデルによる検討結果とほぼ同じ周期となっている。

一方、同じ部材をモデルAに適用すると、検査・点検は2年毎、改修は14年程度経過した時点で行うことになる。つまり定期検査・点検が現実にも即しているのであれば、検査・点検周期を2年程度にまで短縮することが求められる。しかし現実的には、一部の建材を除き2年程度で定期検査・点検を実施する必要があるとは考えにくく、実際の維持管理計画でも初期故障期に検査・点検を追加で実施すれば、偶発故障期は4年から5年程度の検査・点検周期でも基本的に問題はないと考えられる。

このように検査・点検時期の面からだけみれば、信頼性工学の概念を用いて算出した周期と従来の定期検査・点検の周期はほぼ変わらない。しかし部材の全面改修までの期間については前者18年、後者14年と30%程度の差がみられる。つまりモデルCに準じた検査・点検を実施して不具合が見つからなければ、全面改修はこれまで一般的に更新すべきだと考えられていた時期よりも30%ほど延期することが可能だと考えられる。

5. 改修の効果

5.1 改修の考え方

以上の検査・点検時期の検討は、基本的に各検査・点検時に不具合が確認されなかった場合を前提としていたが、実際には検査・点検時に部分的な不具合が発見される場合が考えられる。そこで検査・点検により不具合が発見された部材については、不具合が生じた建材のみを即座に交換する改修を行うと仮定し、部分的な改修が部材全体の不具合率にどの程度の影響を与えるか検討する。

なお注意すべき点は、適切な改修でないか逆に改修を実施した個所が不具合の発生源になってしまう可能性が高いことである。つまり改修の不具合率と経年の関係についても、これまで検討してきた部材同様にモデルCに準ずる関係にあると考えられる。そこで部分改修についてもモデルCを前提とした検討を行う。

5.2 改修による故障率の変化

信頼性工学では、故障は最も弱い個所から発生することを前提としていることから、適切な改修により不具合が発生した建材とその原因が取り除かれれば、不具合率が100%となるまでの期間は改修を行わない場合よりも延期すると考えて良い。しかし現実的に問題になるのは、具体的にどの程度延長するのかである。

不具合が発生した部材を全面的に交換する改修であれば、改修完了時に故障発生モデルの経年0年に戻ることと同じであるため、不具合率が100%となるまでの期間は改修を行った個所の全体に占める割合と改修による建材の品質の変化に影響されると考えられる。

改修を行った個所が当初の部材と品質(特に寿命)の面で変わらない場合、改修個所が部材に占める割合を改修時に経年0年とした不具合率に掛け合わせた不具合率と、未改修の建材が部材に占める割合を従来の不具合率に掛け合わせた値を加算した合計値を部材全体の不具合率と見なすことができる。

例えば経年20年で部材の30%の建材に対して同品質の改修を行った場合(図5)、不具合率は20年まではモデルCと変わらず経年2年(不具合率10%)、4年(同20%)、8年(同30%)、17年(同40%)となるが、改修を行った20年以降は22年(同50%)、28年(同60%)、34年(同70%)と2年ずつ早くなる。最大期間は41年とやや延びるものの、改修個所は初期故障期の不具合率が比較的高いため、改修を行った部材は不具合が発見されなかった部材に比べて検査・点検の周期や改修時期を早めた方が良いと考えられる。ただし不具合が発見された場合、改修をせずに放置すると不具合の進行は急速に進むため、改修した方が部材全体の寿命も延びることは間違いない。

また改修部材の品質が以前から変化した場合、たとえば耐久性の高い建材を改修に用いた場合は改修部材の寿

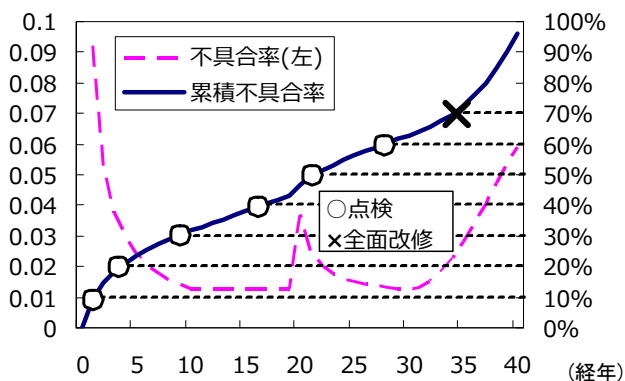


図5 経年20年・30%改修による不具合率の変化

命は延びると考えられるが、部材全体に与える影響は小さい。そのため改修部材及びその周辺部材については、基本的に不具合が発見されていない部材よりも慎重な検査・点検が求められる。

このように部分的な改修は適切に実施しても全面改修の時期にはあまり影響を与えないことから、部材の全面改修は部分改修の有無に関わらず当初の計画時期通りに実施することが望ましいと考えられる。

6. まとめ

部材の信頼性に関する資料や研究は少なく、モデルCが実態の不具合発生に即しているか今後とも検証が必要である。しかし初期不良や瑕疵などに対応できるなど、検査・点検や改修の実状からみても妥当な検査・点検周期を示していることから、信頼性工学は戸建住宅の維持保全計画にも適用可能だと考えられる。さらに信頼性工学の視点から検査・点検手法を検証すると、建材・部材の寿命は一般的に考えられている期間より30%程度延長すること、また部材の寿命さえ把握できれば計画保全を実施することも十分可能との結果が得られた。今後、建材や部材の品質向上に伴う長寿命化への対応や効率的な維持保全や予防保全の導入が不可避であれば、信頼性工学の視点から検査・点検時期の見直しが必要になるだろう。

注

- 1) 参考文献6)のデータを基に新たに作成
- 2) ①10年②20年③10年と仮定し、ワイブル分布を用いて作成

参考文献

- 1) 住まいの管理手帳 戸建編、住宅金融普及協会、2006年
- 2) 住まいの維持保全ガイドライン、奈良県土木部まちづくり推進局住宅課、http://house.itp.ne.jp/repair/maintenance/dl/04_guide.pdf
- 3) 長期優良住宅に関わる認定基準技術解説、バタリービング、2010年
- 4) 長期維持保全計画書書式Ver1a、工務店サポートセンター
- 5) 戸建て住宅維持保全ガイドブック、北海道建築指導センター、2010年
- 6) 堤洋樹、小松幸夫：居住者の改善行為から見た戸建住宅の建て替え要因に関する研究、日本建築学会計画系論文集、第556号、PP.289-295、2002年6月
- 7) 真壁肇：改訂版 信頼性工学入門、日本規格協会、2007年
- 8) 田島栄治、角田善三郎、小松幸夫：施設管理におけるライフサイクル計画に必要な更新費の算定手法に関する研究、日本建築学会計画系論文集、第540号、PP.243-249、2001年2月
- 9) 原英嗣、高偉俊、尾島俊雄：事務所建築における空調設備の保全費予測と更新時期の評価手法に関する研究、日本建築学会計画系論文集、第547号、PP.209-214、2001年9月
- 10) 中島正夫、藤井義久、堤洋樹他：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、国土交通省住宅局住宅生産課の補助事業、2011年11月