

100年を経過した住宅の耐久性調査 (第1報)

一部材の含水率と腐朽の状況

中谷 浩, 秦 正徳, 若島 嘉朗, 園田 里見

Investigation of durability of wooden houses used for 100 years — State of moisture content of members and decay situation —

Hiroshi NAKATANI, Masanori HATA, Yoshiaki WAKASHIMA, Satomi SONODA

住宅の耐用年数の向上を目的に、長期間にわたって使用されていた富山県の伝統的工法による住宅の解体調査を行った。この住宅は、100年を超えて使用されていたが、一部は増改築されており、その部分は32年の使用期間になる。解体にあたっては、主要部材の含水率測定や腐朽度を探るためのピロディン検査、さらには、使用した柱を全数採取し、強度試験を行った。この住宅は、枠の内という伝統的な構造骨組みで作られており、耐力壁のない構造となっているため、構造がチェックしやすく交換が容易なことと可変性という長期耐用に重要な特徴を有していた。

調査住宅は、水分環境が悪く、全体に木材の含水率が高い傾向にあった。住宅上部の各部材は、約15%の含水率であったが、柱では平均20%、床下は23%にも達していた。住宅内部、あるいは南面、西面の柱については、柱上部には腐朽が認められなかったが、脚部で腐朽が観察された。一方、東面、北面の外周柱に腐朽が顕著に認められ、含水率も非常に高い値を示した。

柱の腐朽度を評価するために行ったピロディン値と含水率、腐朽の状況は概ね一致した。

腐朽度の定量的な評価にはピロディン検査が有効だが、含水率測定で腐朽の初期チェックが可能と考えられる。

1. はじめに

住宅の長寿命化を図ることは、地球温暖化における二酸化炭素抑制の観点から、木材中に二酸化炭素を長期間固定していること、あるいは住宅を造るためのエネルギー消費を抑える点で、大きな役割を担っている。かつて、日本の木造住宅の耐用年数は25年といわれていた。これは、木材の腐朽による物理的な耐久性ばかりではなく、生活様式が変化して時代に合わなくなり使い勝手が悪くなったために建て替えるという機能的耐久性も大きく関わっていると言われている。そのため住宅の耐用性を高めるためには、物理的な耐久性と機能的な耐久性の調和がとれていることと住宅計画上の可変性の組み込みが重要と指摘されている¹⁾。したがって、駆体や部材の

耐久性の向上ばかりではなく、長期使用するための仕組み(システム)、すなわち維持管理や補修の仕組みを持っていることが重要となってくる。

一方、富山県にも地域に長く使用されている住宅が存在している。これらの住宅は、多雪地域で夏期に暑く湿度が高い気候条件と地域の生活風土に適応した住宅であり、その中には長期に耐用できる仕組みを有しているものと考えられる。そこで、富山県で100年間にわたって居住されてきた住宅の解体に際して、詳細な調査を行うこととした。

2. 調査方法

調査住宅は、明治31年(1898)に新築された富山県福岡町の民家であり、解体は平成13年(2001)に

行われたので、103年の長期にわたって居住されてきた住宅である。富山県の伝統的な民家工法である吾妻建ちの民家型住宅であり、昭和44年（1969）に外周正面と西面の増改築が行われており、したがって改築部については32年を経過していることになる。間口15.6m、奥行き13m（面積207㎡）の住宅で、居室は1階部であり、2階部は、物置、作業場として利用している。使用状況としては、平成13年春頃まで居住に供しており、その後解体する12月までは、時々使用するといった状況にあった。

調査は、解体前に平面図を作成し、柱にナンバリングを行った後に、含水率計による柱の含水率測定とピロディンによる貫入検査をおこなった。解体は、手壊しにより行い、解体状況を記録するとともに使用樹種の鑑定、主要な部材から試片を採取して全乾法による含水率を測定した。さらには、柱の全数を採取して実大曲げ試験を行った。実大曲げ試験時には、あわせて、柱のピロディン検査（曲げ中央部および柱脚部を各4材面、ピン直径2.5mm）と全乾法による含水率測定（曲げ中央部）を行った。

強度試験の結果については第2報で報告する。

3. 結果と考察

3.1 解体状況と構造概要

調査住宅の平面図を図1に、外観を写真1に示す。

富山県西部地域を中心とする民家の代表的な形式である吾妻建ちと呼ばれる工法である。切り妻屋根の間口約16mの大きな住宅で妻入りとなり、妻側の

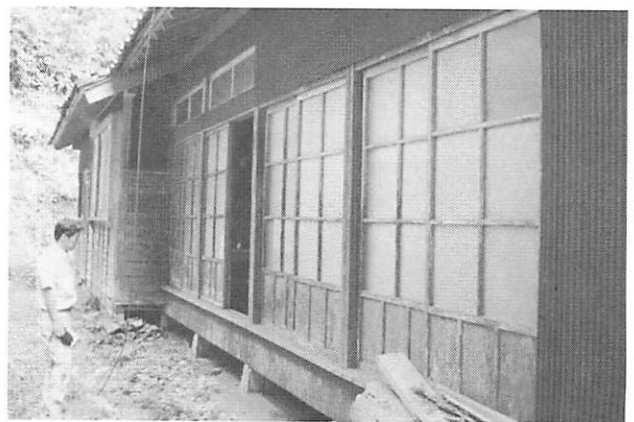
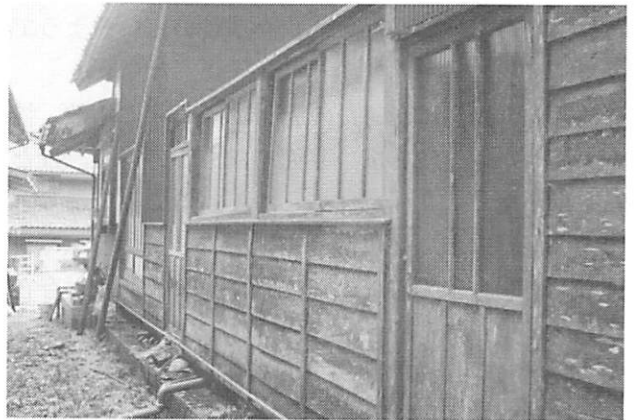


写真1 調査住宅の外観
上から、正面(南)、東、北面、西面

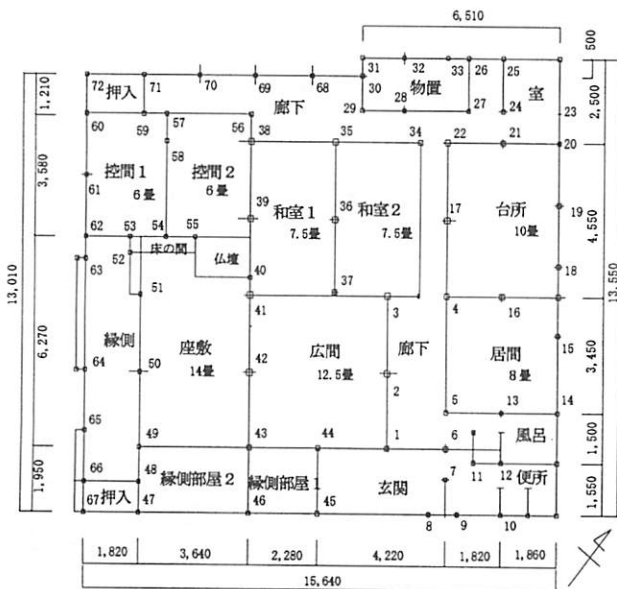


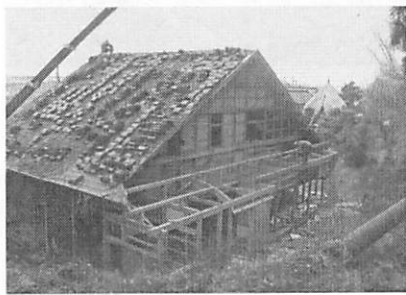
図1 調査住宅の平面図

木組みと漆喰壁の対比が特徴的な構図となっている。

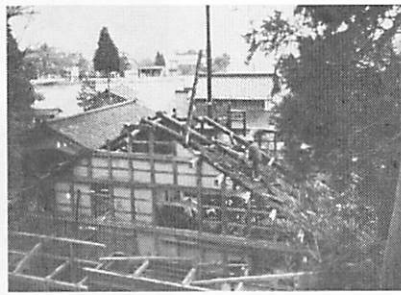
外周をみてもわかるように、ほとんど耐力壁と呼ばれるものはなく、土壁の腰壁、たれ壁のみがみられる程度である。また、基礎についても改築部を除いては布基礎をもたず、独立基礎で構成されている。外壁は増改築された正面、西面には、漆喰壁、タイル、あるいはトタン外壁がみられるものの、北面は下見板壁と建具、東面は下見板壁の状態、柱等が露出した状態となっている。この北面、東面の柱は、100年経過したものであり、露出した柱類はかなり腐朽した状態で含水率も相当高い状態にある。北面は裏山であり地面も湿った状態が続いているようである。

住宅内部は、約13.6畳の広間に、周囲に座敷、控えの間や縁側を含む広い平面を構成している。ほとんど壁がなく、建具で仕切られているのみであり、冠婚葬祭時の広い部屋取りを可能にしている（写真2 d）。外周も同様であり、耐力壁はほとんど存在

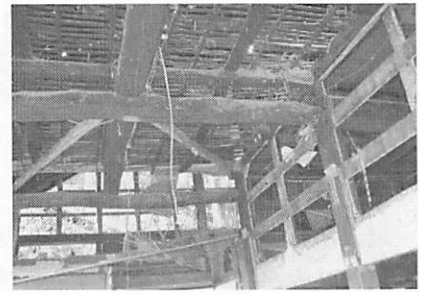
していない。構造の主体となっているのは、広間を構成する「桝の内」と呼ばれる立体構造で（写真2 h）、これに梁を掛け渡して、周囲の部屋を作っている。桝の内は、太い柱に差鴨居、貫、足固めで固めたもので（写真2 d, h）、梁は太い押角を十文字あるいは井桁状に交差させてできている（写真2 c）。床下は、桝の内の柱が束石に直接のっており、大引が取り付いて、要所で束立てとなっている（写真2 e）。増築した部分では、土台が用いられている。根太の上は、板の間ではスギ板、畳間はスギ下地板となっている。樹種は、大引には耐久性の高い栗が、一部に使用されている。床下は、栗の半割丸太やスギ丸太の大引、柱の足下に栗の横木を一部で使用、あるいは根太の間隔も一定でないなど、統一性に欠けていた。これは、床下の腐朽が生じたことにより、部材の交換等が適宜なされたためと思われる。スギ床板をはずすことで容易に床下のメンテナンスが可能な構造であることが、長期使用における



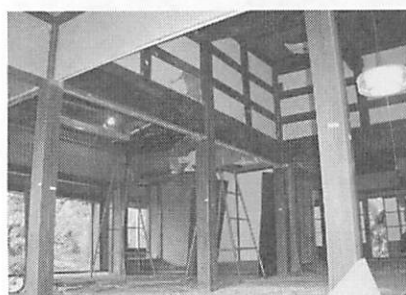
a 瓦の撤去



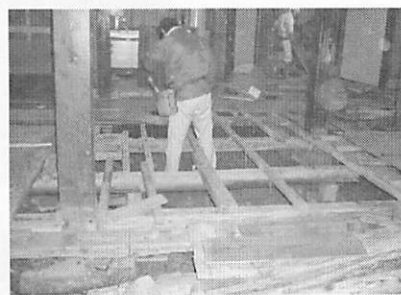
b 小屋解体



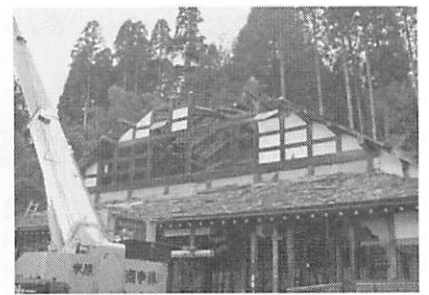
c 桝の内 梁掛け



d 建具のみの内部



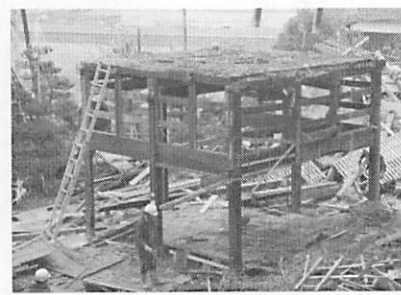
e 床解体



f 妻面解体



g 2階解体



h 桝の内



i 床構面撤去

写真2 解体状況

一つの利点となっている。

小屋組は、長さ7～8mの登り梁形式となっている（写真2b）。元口で約30cm、末口で20cm程度の丸太で、湾曲をそのまま活かしている。この梁が1間間隔で掛けられ、中間に登り梁を受ける桁行き方向の横架材も用いている。母屋は、150x180角で90cm間隔、垂木は60mm角で370mm間隔で何れもスギを用いている。本住宅で使用されている部材の構成を表1に示すが、柱に限らず、登り梁、母屋、垂木、下地板、小屋梁さらには、大引きや根太、床板にいたるまで、非常に多くのスギ材を用いていることが特長的である。自家山林を有する施主が自家のスギ材を住宅の隅々まで利用したと思われ、曲がり材は梁に、幅広材は床板、末木は母屋というよう

表1 構成樹種

部材	樹種	寸法、間隔
野路板	スギ	10mm厚
垂木	スギ	60x60mm @370
母屋	スギ	150x180mm @900
登り梁	スギ	
小屋梁	スギ、アカマツ	末口220～260mm
柱	スギ、アテ	120～180mm
差鴨居	ケヤキ、アカマツ	
大引	スギ、アテ、クリ	62x94mm 他
床根太	スギ	48x51mm 他
下地板	スギ	18mm、14mm厚
床板	スギ	12mm厚

に上手に使い分けられている。地域のスギだけでも住宅を建築でき、かつ100年の使用に耐えるという好例と思われる。

3.2 含水率

解体前に住宅内部から測定した含水率計による柱の含水率、及び解体時に採取した主な部材の全乾法による含水率を表2に示す。なお、柱材は、解体後、曲げ試験を行った後に測定したため、解体時とは約1ヶ月（冬季）間の時間差がある。

各部材の含水率は、母屋や垂木等の屋根部では含水率が15%前後と低いですが、床板から大引きにかけては、22～23%と非常に高い水分状態にある。聞き取りによると、梅雨時には床下が湿った状態になっているとの話であり、床下の土壌の水はけはあまりよくないようである。解体時も12月で富山ではみぞれの降る時期であり、床下が乾燥した状態にはなかったようである。柱は、32年経過の柱は平均18%前後であるが、100年経過したものでは、外周部で腐朽の入った柱は含水率が30%を超えているが、その他の柱でも20～25%と非常に高い状態にあった。全体的に、床下から屋根部に向かって含水率が低下していること、含水率計で測定した春、秋の結果も高い含水率が測定されていることから、気候と土壌状態から、常時、含水率が高い状態にあるようである。

柱の含水率の分布を図2に示す。この結果を見ると、改築32年間の柱はいずれも安定した含水率状態

表2 部材の含水率

	試験体数	計器含水率 %		全乾法含水率 %		ピロディン値	
		平均	最小～最大	平均	最小～最大	平均	最小～最大
瓦棧	3			15.4	13.9～17.3		
屋根下地板	5			15.9	15.3～16.5		
タルキ	6			16.4	15.5～17.3		
母屋	2			17.2	16.2～18.2		
柱32年 内部	15	22.3	18.8～23.8	18.8	17.2～22.4	14.8	8～18
外周	15	21.5	17.0～27.3	17.5	15.7～20.0	12.6	8.5～18
32年平均		21.9	17.0～27.3	18.2	15.7～22.4	13.8	8～18
柱100年 内部	13	25.5	18.8～34.5	20.5	17.2～24.7	16.4	7.5～20
外周	11	24.6	21.0～31.3	25.2	18.4～35.1	12.3	9～16.8
100年平均		25.2	18.8～34.5	22.7	17.2～35.1	15.7	7.5～20
柱全体平均		23.5	17.0～34.5	20.2	15.7～35.1	14.7	7.5～20
床板	4			22.1	21.7～22.6		
床下地板	9			22.5	21.3～24.4		
根太	10			23.1	22.2～24.3		
大引	5			24.3	22.2～26.3		

にあることがわかる。その一方で、北面と東面の外周に非常に含水率の高い柱が存在しており、明らかに腐朽を伴っていることが伺える。一般の住宅でも北面が劣化しやすいことが報告されているが²⁾、これは北面では日照が不足して乾燥しにくいことと、北面に水回りが集中しやすいことが主な原因である。当住宅では、加えて東面と北面は裏山につながっており、水分が集中しやすいことも関わっているものと思われる。

12cm 角の柱に関して約 3 cm 厚さで外周 4 面と内部に分割して含水率の傾斜を測定した結果を図 3 に示す。外周部の含水率は最低 16~20% 未満が 50%、20% 以上が 50% であった。腐朽したものが、最大で約 70% であった。しかし、内部の含水率は 18% 以下が半分を占めており、腐朽した最大の含水率のものでも内部は 22% 程度にすぎなかった。柱全体の平均含水率 20.2% は、一般住宅の値に比べて著しく高いが、表層の含水率が周辺雰囲気の影響を受け高くなっているものと思われる。また、かなりが腐朽しているも、内部は健全であり一定量の強度的性質は維持していることが伺えた。

含水率分布 (図 2) でみられるように、北、東面の外周部で腐朽が顕著で平均含水率が高くなっているが、その他の柱では視覚的には腐朽が認められなかった。しかし、柱の足元部分では、一部に根継ぎをしたものや腐朽が観察された。腐朽度の評価のために行った柱脚でのピロディン値 (4 材面測定での最大値) の分布を図 5 に示した。含水率分布と同様に、北東面に高いピロディン値が集中している。概ね 100 年を超える柱の値が高いが、内部や 32 年経過の外周柱の一部に大きな貫入量を示すものが存在しており、腐朽も確認された。ピロディン値と強度性能の関係は、飯島ら³⁾、町田ら⁴⁾、大橋ら⁵⁾が、治山工事における木製建造物の腐朽度の評価法として、ピロディン試験が曲げ強度や圧縮強度等の評価に有効なことを報告している。腐朽部では、貫入量が増大することから、ここでも視覚的に腐朽が観察されたものでは、ピロディン値が高くなっており、曲げ強度とピロディン値に有効な関係が得られている。本試験における曲げ強度とピロディン値の関係については、一部を秦、筆者ら⁶⁾が報告している。また、柱の含水率 (曲げ中央部) とピロディン値の関係を図 5 に示した。両者には正の相関が認められた。その結果、腐朽とピロディン値との関係、ピロディン値

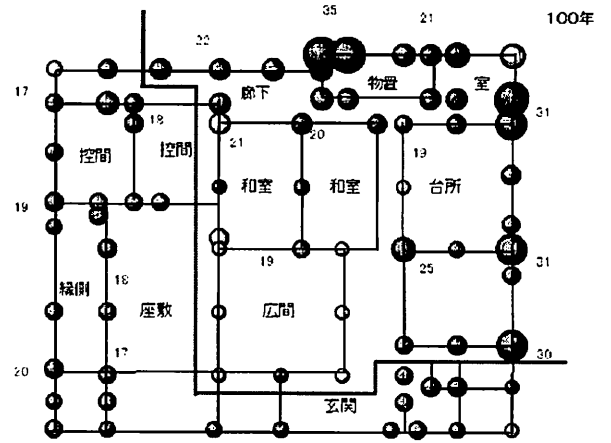


図 2 柱の含水率分布 (全乾法)
白丸は未測定、数字は含水率

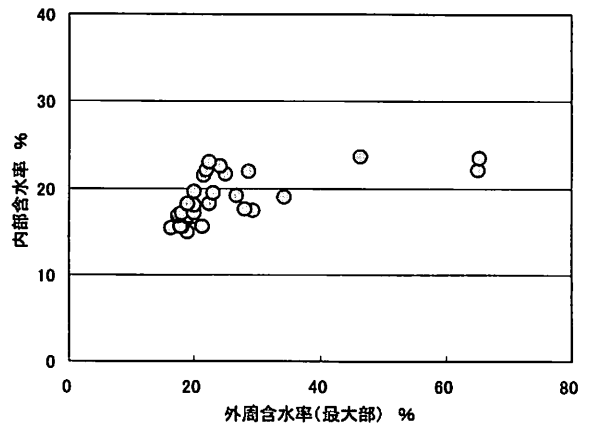


図 3 柱の含水率傾斜

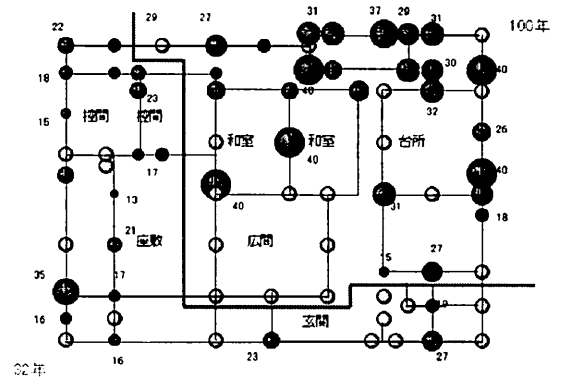


図 4 柱のピロディン値分布 (柱脚部)

と含水率との関係から、腐朽度等の定量的な評価あるいは構造に対する影響等には、ピロディン値の利用が有効であり、一方、材料の腐朽に対する初期的なチェックについては含水率の計測が有効と考えられた。

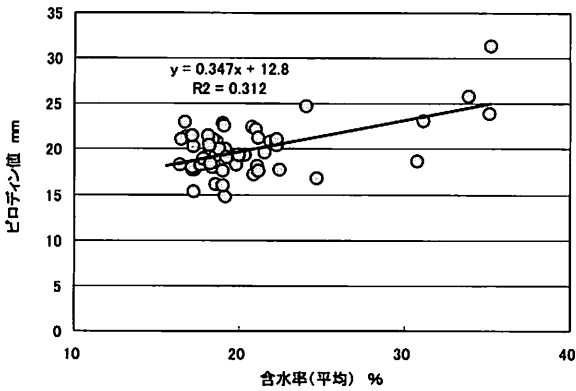


図5 ピロディン値と含水率の関係

4. おわりに

100年間使用されてきた地域伝統型住宅の調査により、間取りの可変性や劣化のチェックや交換し易さという構造的な特徴を持つことが長期耐用のために必要であることが確認された。また、大半の部分にスギ材を用いても、長期耐用が十分に可能であることが実証されていた。主要な部材の含水率は、小屋組み等の上部では15%程度であったが、下部になるほど高くなり、床下では20%を超える高い含水率が測定された。また、北面の外周柱は腐朽が著しく、含水率も高い値が集中していた。腐朽が認められた

柱では、ピロディン値が高い。また、ピロディン値と含水率の間にも相関が認められ、腐朽度の評価や初期的な腐朽のチェックに対してピロディンや含水率の有効性が確認された。

引用文献

- 1) 木材科学講座12 保存・耐朽性, 屋我嗣良, 河内進策ら編, 海青社, p34, 1997
- 2) 日本住宅・木材技術センター, 木造住宅の耐久設計と維持管理・劣化診断, p72, 2002
- 3) 飯島泰男, 土木用木質構造物の耐用年数評価について, 木材保存25, 5, P209-218 (1999)
- 4) 大橋一雄, 多田野修, ピロディンおよび目視被害度をもちいたカラマツ杭材の耐用年数評価, 岩手県林業技術センター研究報告, N13, P35-40, 2005
- 5) 町田初男, 小黒正次, 県産材の耐久性能に関する研究, 群馬県林業試験場研究報告, N10, P13-19, 2004
- 6) 秦正徳, 中谷浩ら, 長期耐用された地域型木造住宅の耐震診断におけるピロディン閾値, 木材保存, Vol30, No.1, p6-14, 2004

Summary

To obtain methods to lengthen the life of houses, we investigated dismantled houses that used traditional construction methods that had been used for a long time in Toyama prefecture. This house was composed of parts that exceeded 100 years and a rebuilt part that was 32 years old. We inspected the moisture contents and Pirodlin value to measure the decay level for the primary members. Furthermore, we carried out bending tests for all columns. This house was constructed with a traditional structure called "wakunouti" without any bearing walls. Therefore, this house possessed characteristics for a long-lived house, which can be inspected and decayed members can be easily exchanged, and room changes can be made corresponding to changes in the household life.

The moisture content of members in the investigation house was high, because of the environment which had high humidity. The moisture contents increased from the upper part of the house toward the ground, it was about 15% in the beams, 20% on average for the pillars, and it reached as much as 23% for members below the floor level the columns on the inside of the house, outer wall on the south and west were decayed slightly at the leg, though there was no decay in the upper part. On the other hand, the pillars of the outer wall on the north and east were notably decayed, and showed very high moisture content. It seems that the Pirodlin value was connected with the degree of the decay of the columns, and was correlated with moisture content. Although Pirodlin inspection is effective in quantitative evaluation of the degree of decay, it is thought that in situations of high moisture content it is possible to first check for decay.