

(研究資料)

34年経過した鉄網モルタル壁における
鉄釘の劣化調査今村 浩人⁽¹⁾・大黒 昭夫⁽²⁾
唐沢 仁志⁽³⁾・高木 純⁽⁴⁾Hiroto IMAMURA, Akio OKURO, Hitoshi KARASAWA and Jun TAKAGI :
Deterioration of Nail in 34-Year Served Exterior
Wall Covered with Wire Lath Mortar

要旨：建設後約34年経過した横浜の旧米軍住宅の取り壊しに際し、釘の劣化度の調査を行った。対象とした住宅は在来工法によるもので、外壁はラスモルタルで仕上げられ、内壁は木ずりにプラスチックが塗られている。柱、間柱、モルタル下地板および土台は無処理のスギ材である。調査目的は、モルタル壁における釘の劣化度の資料を蓄積すること、および壁内部における木材の腐朽の有無を、モルタル含水率、木材含水率および釘の劣化度から判定できるかどうかを検討することである。壁内の木材および釘の劣化は、モルタルのクラック部より雨が浸入する箇所および台所付近では特に著しい。住宅の四隅におけるモルタル含水率に対しては、方位などよりもクラックによる影響の方が大きいようである。モルタル含水率が3%程度を超えると、内部の木材が腐朽している場合が多かった。木材は含水率が20%近くから腐朽が多くなる。また、釘の劣化がはげしい部分の木材は腐朽している。

はじめに

モルタル外壁は、火災のさいの延焼防止の目的で今日大いに普及しているが、この壁の内部は雨の浸入や結露により木材が腐朽しやすいといわれている。したがって、モルタル壁についての種々の調査が必要であるが、比較的新しい施工が多いため、十分な調査の機会がないのが現状である。

今回調査対象とした住宅は、かつて横浜米軍海浜住宅と呼ばれ、横浜市中区本牧町に位置している。建設は昭和23年であり、在来工法を主とし、外壁は厚い(20~30mm程度)モルタルで仕上げられている。釘の調査は3戸について行ったが、2戸(98号, 104号)は4世帯用の2階建て住宅であり、1戸(328号)は1世帯用の平家である。調査は57年9月4日(98号, 104号)と9月13日(328号)に行った。調査の目的は一般的な資料の蓄積の外に、モルタル含水率、木材含水率、釘の劣化度および木材の腐朽などの相互の関連を調べることである。ここに調査結果をまとめたので研究資料として報告する。調査にご協力いただいた横浜防衛施設局の関係者に深く感謝する。

1. 調査方法

一般に土台を含む壁の劣化は住宅の角の部分において多くみられるため、104号(一部328号)は壁の

角の部分为重点的に調査した。調査の内容は、モルタル含水率、釘の劣化、木材含水率および木材の腐朽の有無である。モルタルの高さの基点は布基礎上端で土台に接する面とし、これから上へ 100 cm、150 cm の箇所から 100~300 g のサンプルをとり、ビニール袋に密閉して持ち帰った。モルタルの全乾重量を求めため、これをビニール袋とともに 60°C で 5 日間乾燥した。釘の劣化度の評価は前回の瀬谷住宅の場合と同じ 5 段階方式²⁾により、現場で評価し、一部は持ち帰った。木材含水率は Kett MT-8S により測定した。また木材は腐朽、蟻害を含め、その有無を記録しておいた。

2. 調査結果

104 号は 98 号 (図 3) と平行で、構造も同じであり、壁の角はほぼ東西南北の方向にある。これらに

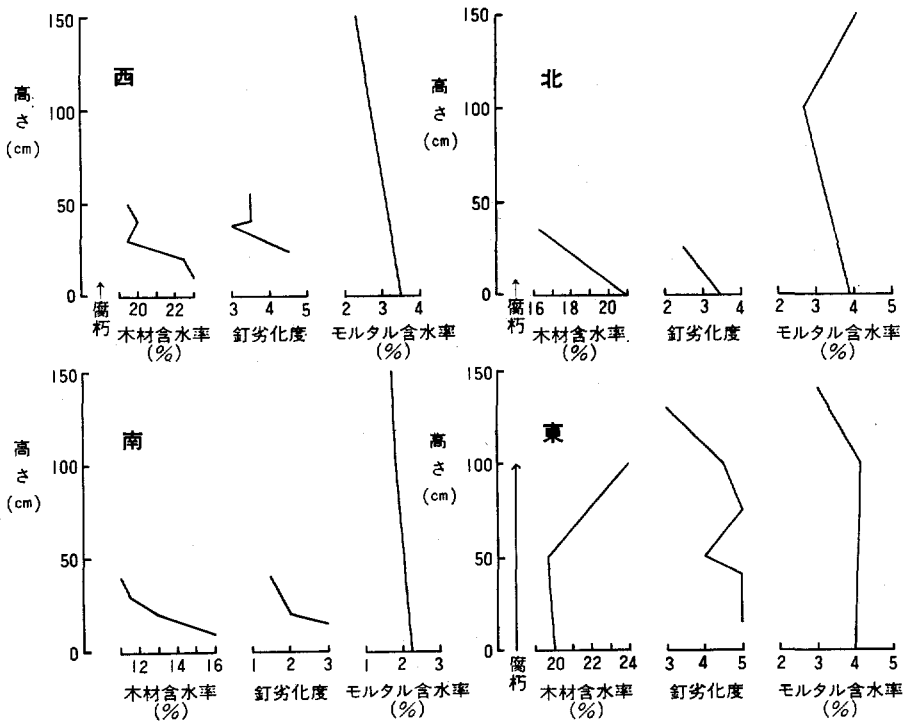


図 1. モルタル壁の角における調査結果 (104 号)

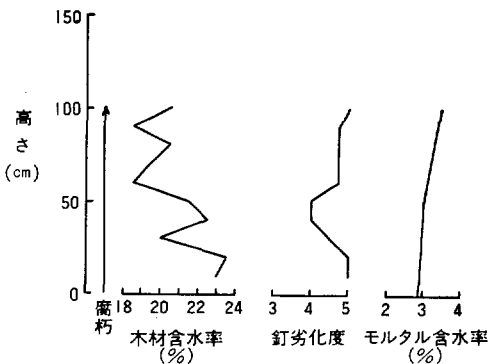


図 2. モルタル壁の角における調査結果 (328 号, 東角)

ついて、モルタルの含水率、木材（10.5×10.5 cm、スギ柱）の含水率、腐朽の有無、釘（長さ 50 mm、直径 2.15 mm）の劣化度の調査結果を図 1、2 に示す。図から、各測定値とも高い位置から低い位置になるにしたがって大きくなる傾向がうかがえるが、明確な傾向とはいえない。この理由の一つとして、モルタルのクラックが考えられる。壁には多くのクラックがみられ、補修されているものもあった。特に 104 号の東角のクラックは補修後も割れ、内部の木材は高所から腐朽していた。328 号の東角も腐朽が高所からみられ、クラックからの雨水の浸入によるものと考えられた。角部には雨どいがあるが、特に著しい損

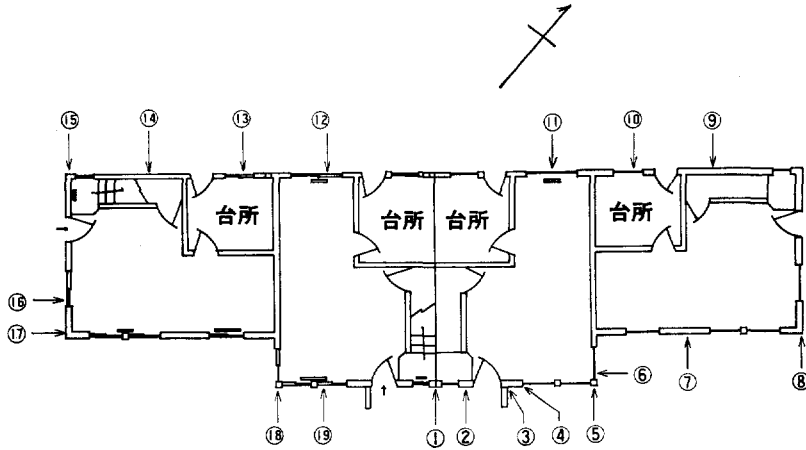


図 3. 98 号の平面図（1 階）と調査位置

表 1. モルタル壁内部の釘の劣化度（98 号）

場所 (図 3)	部 材	腐 朽		釘劣化度	場所 (図 3)	部 材	腐 朽		釘劣化度
		有	無				有	無	
①	柱		○	3	⑥	間 柱	○		4.5
"	"		○	3	"	" "	○		4.5
"	"	○		5	"	" "	○		4.5
②	"		○	3	"	土 台柱	○		4.5
"	"		○	3	⑩	間 土 台柱	○		4
"	"		○	3	"	土 台柱	○		5
③	"		○	3	⑪	間 "		○	3.5
④	"		○	3.5	⑫	" "		○	2
⑤	"	○		4	⑬	" "		○	3.5
"	"	○		5	⑭	" "		●	4
"	"	○		5	⑮	" 柱		○	3
⑥	間 柱		○	3	"	" "	○		5
⑦	" 柱		●	4	⑯	土 台柱		●	4
⑧	" 柱	○		5	⑰	" 柱		○	3.5
"	" 柱		○	3	⑱	" "	○		5
⑨	間 柱		○	3	⑲	土 台柱		●	4
"	" 柱		○	3	"	間 "		●	4
"	"	○		4.5					

●：釘劣化度による判別関数で木材腐朽ありと判別されたもの

傷はなかった。

98号では、布基礎から高さ約1m以内における釘(長さ50mm)の劣化度を調べた。調査箇所は図3に示すとおりであり、結果は表1に示す。

窓枠周辺とモルタル壁との境界部から雨水が浸入しやすいことがしばしば指摘されているが、今回の調査でもこの部分で著しい腐朽がみられる場合があり、極端な場合には木材、釘とも残存していない。328号(図4)の窓下部でスギ板の劣化が著しくない場合の釘の劣化について図5および図6に示す。

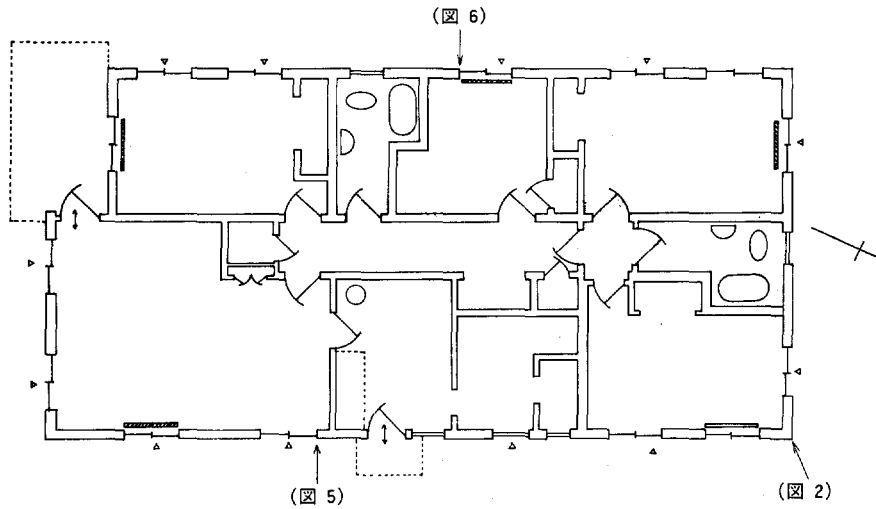


図4. 328号の平面図と調査位置
△: 床下換気口

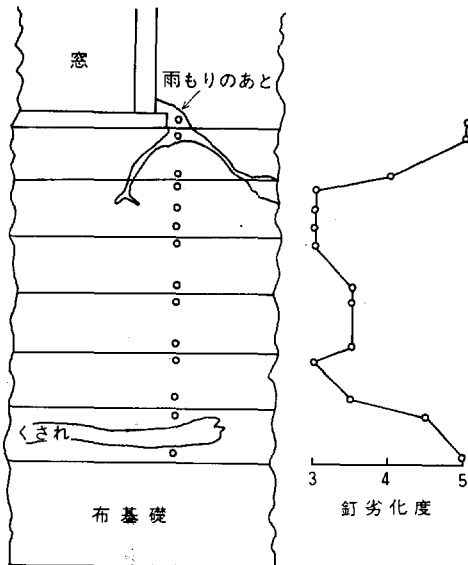


図5. 窓下における釘の劣化度
(328号, 北東面)

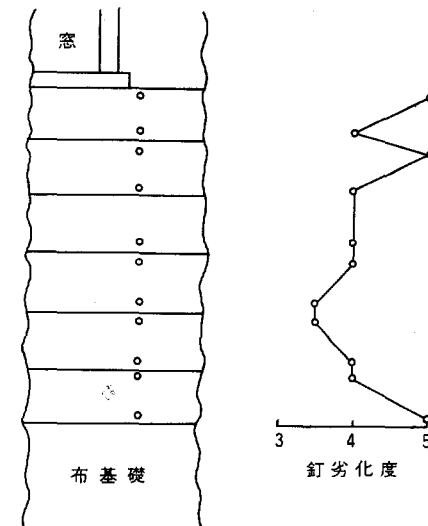


図6. 窓下における釘の劣化度
(328号, 南西面)

104号と328号の外壁の角におけるモルタルの含水率を高さ、方位および家屋別にまとめ（表2）、分散分析を行った結果、これらはいずれも5%水準で有意差はみられない。モルタル含水率に影響を及ぼす他の因子としてクラックが考えられるが定量化が困難である。

表2. モルタルの含水率(%)

高さ	家屋	N	E	W	S
1 m	104号	2.71	4.26	2.69	1.78
	328号	4.02	3.46	3.87	2.44
0 m	104号	3.92	3.96	3.47	2.22
	328号	5.19	2.87	3.96	5.78

3. 考 察

1) 釘の劣化度と直径変化率の関係

モルタル壁内部では、柱または間柱にスギ板（厚さ 12 mm）が釘で接合されている。含水率は柱または間柱よりスギ板の方が若干高くなるため、釘の劣化はスギ板部分で早く進み、柱または間柱に入っている部分では劣化があまり進んでいない場合が多い。したがって、引抜いた釘の劣化度を評価する場合、釘の首部分と先端部分とでは劣化度が異なり、全体として妥当な評価がなされているかどうかについて多少

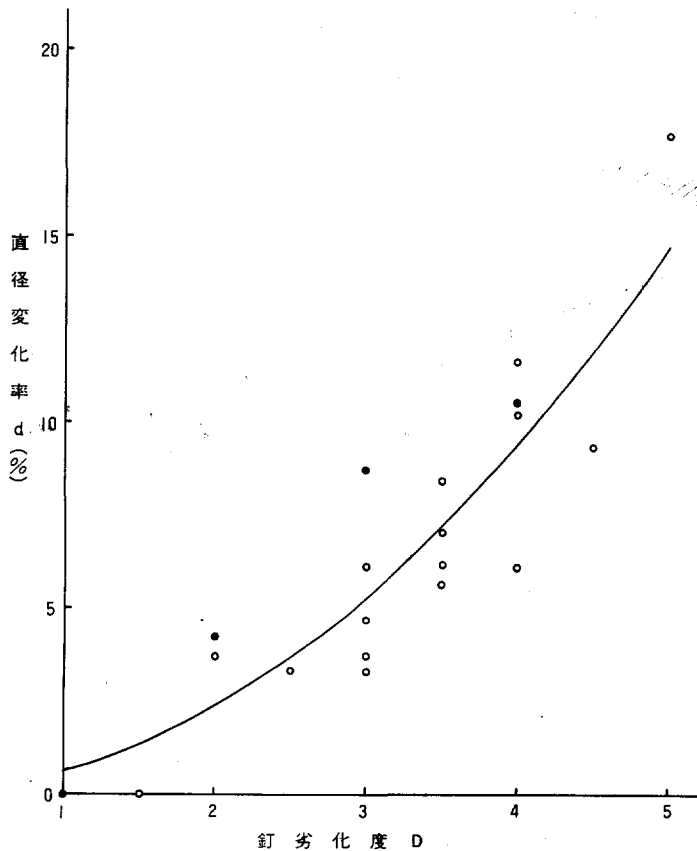


図7. 直径変化率と釘劣化度の関係

●：重量残存率¹⁾より求めたもの

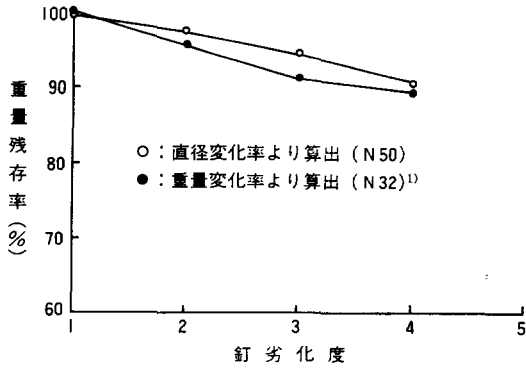


図 8. 重量残存率と釘劣化度

の不安があったので、今回の評価が前回の瀬谷住宅における調査での評価と同じとみなせるかどうかを確かめる必要がある。このため、持ち帰った釘について、首部分、中央部分および先端部分の3つの位置で直径を測定し、劣化のない釘の直径との差をそれぞれ求め、これらの絶対値の平均値を求め、劣化のない釘の直径に対する百分率を1本の釘の直径変化率とした。図7は直径変化率と劣化度との関係を示す。いま直径変化率 d を1

から4までの劣化度 D の2次関数と仮定するとつぎの式で表わせる。

$$d = 0.586 D^2 \quad (1 \leq D < 5) \quad \dots\dots\dots (1)$$

(1) 式を決定するとき劣化度5での直径変化率を考慮に入れなかったのは、劣化度5での直径変化率はある値から100%までの幅広い値をとるためである。前報¹⁾では釘の劣化度と重量残存率との関係を求めたが、それを直径変化率に換算すると図7中の黒いプロットのようなになる。反対に直径変化率より重量残存率に換算すると図8の白いプロットのようなになる。 t 検定の結果、図の黒と白のプロットの間に5

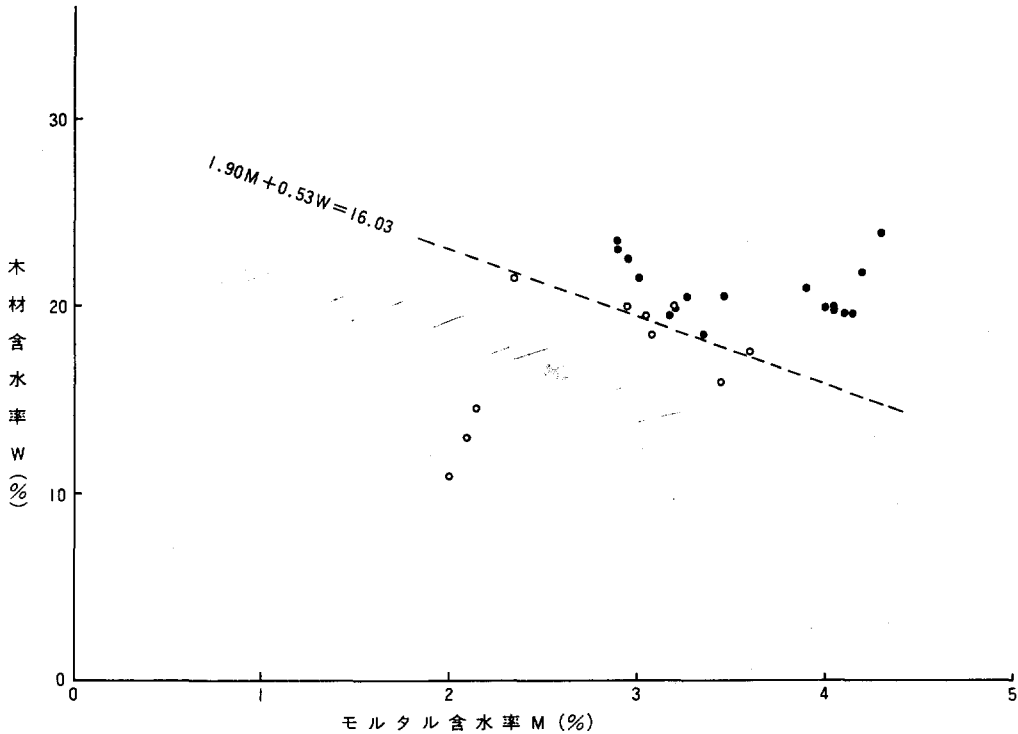


図 9. 木材含水率とモルタル含水率

○：木材に腐朽なし、●：木材に腐朽あり

%水準で有意差はない。したがって、今回の調査での釘の劣化度の評価は前報のときと同じ基準にたっているといえる。

2) 判別関数による腐朽の判定

木造住宅の耐久性を評価するにあたり望まれることは、できるだけ非破壊に近い状態で劣化の程度を判定し、劣化がみられない場合でも将来の危険性について予測できることである。これを達成するには多くの困難があるが、一つの方法として、木材とともに使用され、同じ環境下にあった他の材料の状態から木材の劣化を判定することが考えられる。この場合、多種の材料でなく、できるだけ少ない種類の材料から判定できる方が便利である。具体的に、木材を腐朽の「あり」と「なし」の群に分け、これをモルタル含水率、木材含水率および釘の劣化度と関係づける試みを行ってみる。図9は壁内部の木材含水率とモルタル含水率との関係を示す。図中の黒いプロットは測定されたところの木材が腐朽していることを表わし、白は腐朽のないことを表わしている。また図中の点線はプロットを両者にほぼ2分するように描かれている。点線より上を腐朽「あり」、下を「なし」と判定すると境界付近で若干の誤ちが生ずるが、この境界付近は常識的には危険地帯とみなしてよいであろう。この点線は判別関数²⁾から求められる。判別関数 Z は、腐朽「あり」の群と「なし」の群の差が最大である軸を表わし、 Z が正であれば腐朽「なし」、負であれ

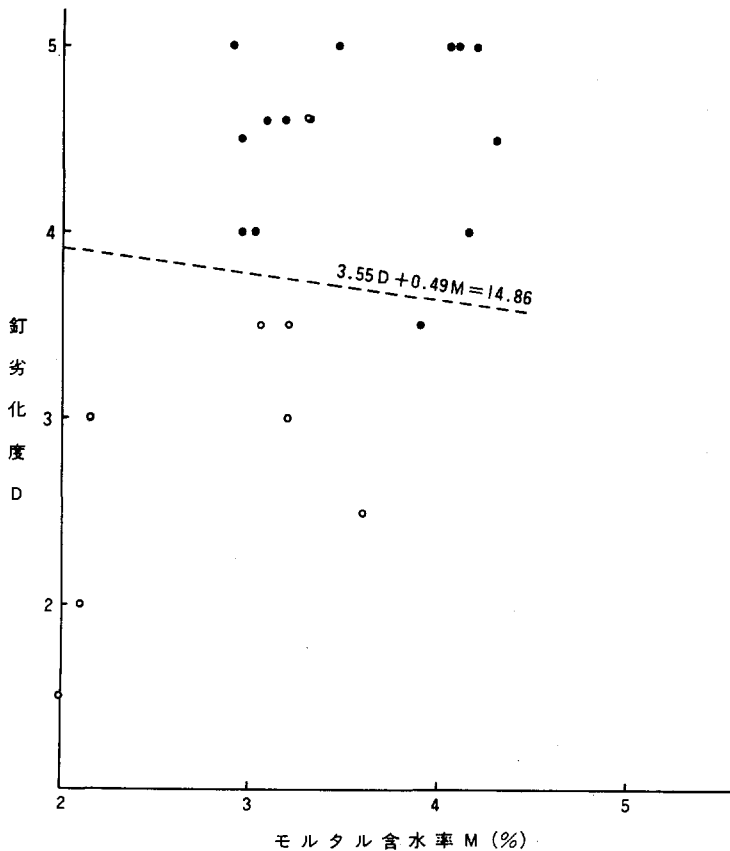


図10. 釘劣化度とモルタル含水率

○: 木材に腐朽なし, ●: 木材に腐朽あり

は「あり」となる。木材含水率 W とモルタル含水率 M による判別関数はつぎようになる。

$$Z_{WM} = -0.53W - 1.90M + 16.03 \quad \dots\dots\dots(2)$$

Z_{WM} は図中の点線と垂直の位置にあり、点線上でゼロ、これより上で負、下で正となる。この場合、(2)式により腐朽「あり」を「なし」またはその逆に誤判別する確率は 17.6% と小さくない。モルタル含水率の方から木材の腐朽の有無が判別できれば、実用的には便利である。モルタル含水率のみによる判別関数 Z_M は 3.6% でゼロとなり、これ以上で腐朽「あり」、以下で「なし」となるが、誤判別の確率は 25.1% と大きくなる。モルタルの含水率はモルタルの組成および全乾重量を求めるための乾燥温度などの影響を受けると考えられるが、今回の調査ではモルタル含水率が 3% 程度を超えると、内部の木材は腐朽している可能性があるといえる。

図 10 は、釘の劣化度 D とモルタル含水率 M の関係を表わしている。この場合の判別関数は

$$Z_{DM} = -3.55D - 0.49M + 14.86 \quad \dots\dots\dots(3)$$

となり、誤判別の確率は 10.9% である。一方、釘のみによる判別関数 Z_D は $D=3.75$ でゼロとなり、誤判別の確率は 10.9% と変らない。したがって、釘の劣化度がわかればモルタル含水率を要因として加える必要はない。なお、以上のモルタル含水率は、図 1, 2 に示された高さと含水率の関係から求めたものである。

図 11 は木材含水率 W と釘の劣化度 D の関係を示す。判別関数は次のようになる。

$$Z_{WD} = 0.03W - 3.76D + 13.63 \quad \dots\dots\dots(4)$$

誤判別の確率は 10.9% である。木材含水率のみでの判別関数 Z_W は 19% でゼロになり、従来から腐朽

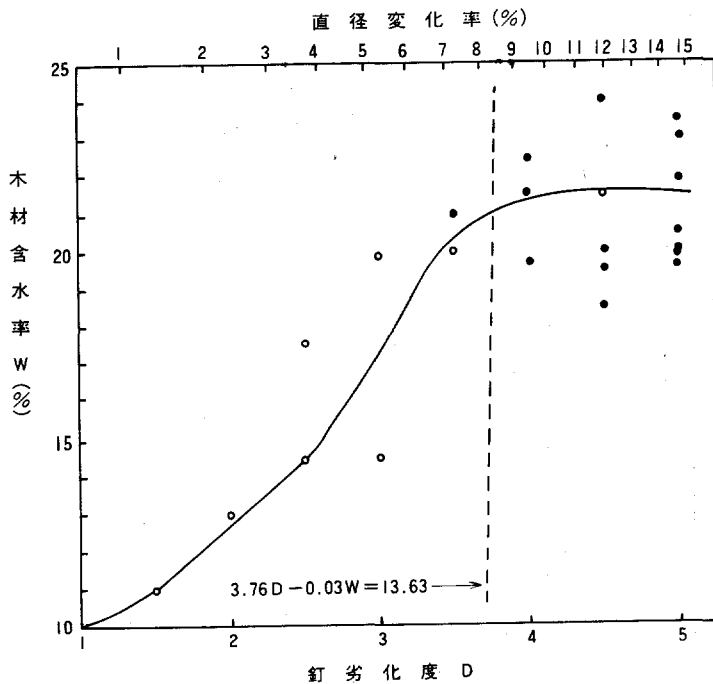


図 11. 木材含水率と釘劣化度

○: 木材に腐朽なし ●: 木材に腐朽あり

発生に関係深いといわれる20%に近い。木材含水率のみでは誤判別の確率は23.6%である。また図11中の点線が釘の劣化度の軸に垂直に近いことからわかるように、釘のみで判別できそうである。この場合、先に求めたように判別関数 Z_D は3.75でゼロとなり、誤判別の確率は木材含水率を含めた場合と同じ10.9%である。したがって、この場合も、とくに木材含水率の要因を加える必要がないことになる。ただし、このことは木材含水率に意味がないことではなく、単に確率が変わらないことを表わしている。

以上でモルタル壁内の木材が腐朽しているかどうかは釘の劣化度のみで判別できることになったが、実際はどうであろうか。98号では含水率の測定は行われなかったが、釘の劣化度と木材の腐朽の有無は表1のとおりである。ここで釘の劣化度3.75以上で木材に腐朽ありと判定すると、劣化度4で腐朽なしの五つ（表1の黒丸）がまちがいとなる。これは測定数全体の35の14.3%に当たり、先の10.9%より若干大きい値である。表1の釘の劣化度のみで木材の腐朽の有無の判別基準をつくると、劣化度3.98となり、誤判別の確率は6.7%である。したがって劣化度4を基準にしてよい。実際は釘をみるまでもなく木材の腐朽の有無はわかるが、腐朽が発生していなくても、釘の劣化度が4に近づけば木材も危険な状態であると推察できることに意義がある。

4. ま と め

34年経過したモルタル壁について、次の結論がえられた。

- 1) 角部におけるモルタルの含水率は、方位別、高さ別および家屋別について明らかな差はみられない。モルタルのクラックは、モルタル含水率および壁内部の木材（スギ）、釘の劣化に重大な影響を及ぼしているが、このことが軽微なクラックについても当てはまるかどうかは疑問である。
- 2) 窓のたて枠付近から土台への延長線上は木材の腐朽および釘の劣化が著しい場合がある。
- 3) 壁内部の木材の腐朽を判定する手段として判別関数の考えを導入し、考察した結果、以下のことが言える。

モルタル含水率が3%程度を超えると、壁内部の木材は腐朽している可能性がある。ただし、この含水率は60°Cで5日間乾燥して求めたものである。

- 4) 木材の腐朽は、従来から言われているように、含水率20%程度で多く発生している。
- 5) 釘の劣化度が4（直径変化率9.4%）以上で木材は腐朽していると考えてよい。

以上の結果は限られた条件でえられたものであり、すべての場合に当てはまるかどうか今後検討する必要がある。例えば木材の腐朽の判別についても、スギ以外の樹種および防腐処理木材では異なった結果がえられるであろう。また、下見板のように壁の構造が異なる場合、木材の腐朽と釘の劣化度の関係も変わることが考えられる。今後さらに測定値を補充する必要がある。

引用文献

- 1) 今村浩人・金谷紀行・高木 純・大黒昭夫・唐沢仁志・千葉保人：30年経過した木造住宅における鉄釘の劣化調査，林試研報，322，95～104，（1983）
- 2) 奥野忠一：応用統計ハンドブック，養賢堂，p.378，（1980）