

石綿含有建築用仕上塗材の除去作業に関する研究

— 素地を変えた場合の剥離の違い —

日大生産工 (学科) ○北村 勇翔 日大生産工 永井 香織
日大生産工 (学科) 高橋 巧樹

1. はじめに

石綿による健康被害は、甚大であることは周知の通りである。石綿（アスベスト）は白石綿（クリソタイル）、茶石綿（アモサイト）、青石綿（クロシドライト）等の6種類の鉱物のうち繊維状のものの総称で吸引すると肺がん、中皮腫などの健康被害を生じる恐れがあるとされている。平成18年に労働安全衛生法より石綿の重量比が0.1%を超える製品の製造等は禁止されているが、現在でも石綿含有建材を使用した建築物は多く残存している。

建築用仕上塗材（以下、仕上塗材）に関しては少量であるが塗膜のひび割れや施工時のダレを防止する目的で主材中に白石綿が使用されていた時期があり、これらを使用した建築物が解体、改修の時期を迎えている。国土交通省によると、10年後の2030年頃には解体のピークが訪れると推定している¹⁾。

以上の背景から石綿含有仕上塗材の除去に関する知見が求められる。

2. 目的

現在の公的な指針では、石綿含有仕上塗材の除去工事では処理工法が15種類示されている。そのうち隔離措置と同等の措置と判断できる工法の一つとして、剥離剤併用手工具ケレン工法があり²⁾、採用されるケースが多い。しかしこの工法で使用する剥離剤は主成分が異なる様々な種類があり、石綿が含有していたとされる18種類の各仕上塗材³⁾に対して適切な剥離剤を選定する必要がある。しかし各仕上塗材に対する剥離効果を評価する試験方法がないのが現状である。そこで本研究は剥離剤の性能を評価する試験方法を提案することを目的として実施している。

本報では提案する試験の試験条件の一つである試験体の素地条件を変えた場合の違いについて述べる。

3. 仕上塗材の剥離試験方法

3.1. 試験方法の概要

本試験は現場での施工状況を再現して、仕上塗材に剥離剤を塗布して、メーカー指定の養生期間を経て、手工具を用いて剥離作業を実施する。その後、剥離作業を実施した面（以下、作業面）を画像処理により、塗膜が剥離され素地が露出した部分（以下、剥離面）の総面積から剥離できた割合を剥離率と定義する。Fig.1のように評価面積、残存部面積を用いて剥離率は次式で算出される。

$$P = \frac{S_E - S_R}{S_E} \times 100 \quad (1)$$

P : 剥離率[%]
S_E : 評価面積[mm²]
S_R : 残存部面積[mm²]

評価面積とは作業面積の内側に設けられたものである。(1)式の分母が作業面積ではなく評価面積が用いられているのは、剥離作業時に作業面の中心部と周辺部で剥がれ方にばらつきが生じる可能性があるためである。

この試験方法では剥離剤や仕上塗材の種類を変えて実施し、剥離率を相対比較することで剥離剤の性能を評価する。

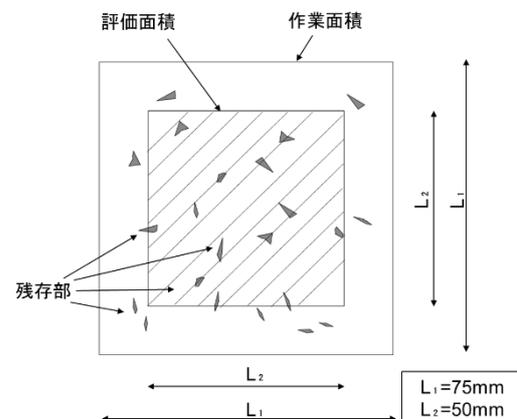


Fig.1 剥離作業後の面の概要

Study on finish coating materials for buildings containing asbestos
— Difference in peeling when base material is change —

Yuto KITAMURA, Koki TAKAHASHI and Kaori NAGAI

3.2. 試験条件

剥離作業で使用する工具の外観をFig.2に示す。ステンレス製の幅25mmの起し金ベラ（以下、ヘラ）を用いて剥離する。剥離作業時の各条件は以下によって実施するものとする。

3.2.1. 荷重条件

本試験は $4.0 \pm 0.5 \text{kg}$ の範囲内で剥離する。荷重計を使用し、付属品の延長棒にヘラを固定し、 $4.0 \pm 0.5 \text{kg}$ の範囲で剥離しているか確認しながら行う。

3.2.2 角度条件

本手法は仕上塗材の面に対するヘラの角度を 30° に保ちながら剥離する。 30° に加工した木片をヘラの後部に沿わせながら行う。

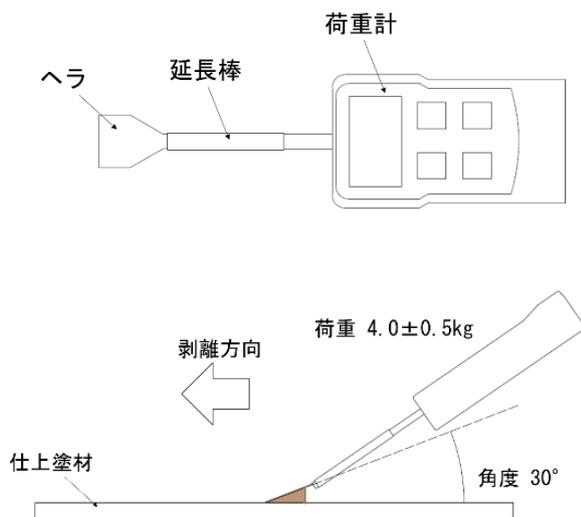


Fig.2 試験工具の外観

4. 試験方法

4.1. 使用材料

4.1.1. 素地

使用した素地の概要をTable 1に示す。本試験では仕上塗材の素地として使用されているフレキシブルボード、コンクリート板、ケイ酸カルシウム板（以下、ケイカル板）の3種とした。

Table 1 試験体素地概要

素地	寸法 (mm)	主成分
フレキシブルボード	300×300×4	酸化カルシウム、酸化ケイ素
コンクリート板	300×300×60	炭酸カルシウム
ケイカル板	300×300×60	酸化カルシウム、二酸化ケイ素

4.1.2. 仕上塗材

使用したシーラーおよび仕上塗材の概要をTable 2に示す。本試験では複層塗材Eを作製した。仕上塗材の養生時間は各メーカー推奨養生時間の最小値とし、塗布量は各メーカー推奨塗布量の中間値とした。塗装後の試験体は温度 $20 \pm 2^\circ\text{C}$ 、湿度60%の環境条件下で1ヶ月養生した。なお作製した試験体とメーカー作製品との整合性を確認する目的で項目4.2.2.の剥離試験ではフレキシブルボードのメーカー作製品を試験に追加した。

Table 2 仕上塗材（複層塗材E）の概要

塗材	主成分	塗回数 (回)	推奨養生時間(h)		推奨塗布量 (kg/m ²)
			工程間	最終	
シーラー	エポキシ樹脂	1	-	2以上	0.16~0.20
主材	アクリル樹脂エマルジョン	1	-	24以上	1.1~1.7
上塗材	アクリル樹脂エナメル	2	3以上	24以上	0.25~0.30

4.1.3. 剥離剤

使用した剥離剤の概要をTable 3に示す。本試験では主成分の異なる3種類を選定した。なお素地の違いによる剥離率の違いを確認するため、メーカー指定条件である養生時間、塗布量である24時間、 1.0kg/m^2 とした。

Table 3 剥離剤概要

剥離剤番号	主成分	養生時間 (h)	塗布量 (kg/m ²)
①	ピロリドン系溶剤	24	1.0
②	水/アルコール系溶剤		
③	エチレン系溶剤		

4.2. 試験手順

4.2.1. 表面粗さ試験

試験はJIS B 0601に準じて実施した。表面粗さはK社製のレーザー変位計を用いて測定した。レーザー変位計で得られるのはFig.3のような変位要素による輪郭曲線である。結果はJIS B 0601より基準長さ1における最も高い山頂から5番目までの山頂の標高の絶対値の平均値と、最も低い谷底から5番目までの谷底の標高の絶対値の平均値との和である十点平均粗さおよび算術平均粗さを用いた。また基準長さ1は75mmとした。

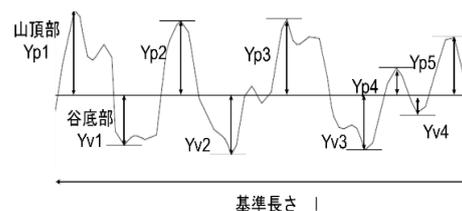


Fig.3 表面粗さの輪郭曲線

4.2.2. 剥離試験

剥離試験は以下の工程で実施した。環境条件は温度 20±2℃、湿度 60%とし同一条件の試験を 3 回ずつ行い、その平均を求めた。

①試験体の 75×75mm のマスに剥離剤が平滑になるようにスプーンで塗布する。

②養生テープで塗布面の養生を行い、各剥離剤の推奨養生時間経過後、ステンレス製の幅 25mm のヘラで剥離作業を行った。剥離荷重は 4.0±0.5kg、剥離面に対するヘラの角度は 30°とした。

③剥離面を画像処理ソフトを用いて残存部を囲み合計面積を求め剥離率を算出した。剥離率の算出は項目 3.1.の(1)式によって求めた。なお本試験では Fig.1 に示す通り作業面積を 75×75mm、評価面積を 50×50mm とした。

5. 試験結果

5.1. 表面粗さ

試験結果を Fig.4 に示す。十点平均粗さはコンクリート板が 0.264mm と最も高く、次いでケイカル板、フレキシブルボードの順であった。算術平均粗さはケイカル板が 0.276mm と最も高く、次いでコンクリート板、フレキシブルボードの順であった。それぞれ目視で素地表面を確認すると、フレキシブルボードは全体的に平滑で気泡などが無いため、十点平均粗さ、算術平均粗さともにコンクリート板やケイカル板に比べて低い値を示した。コンクリート板は大部分が平滑であるが、数か所に気泡があるため、そのため十点平均粗さと算術平均粗さに著しい違いが発生したと考える。ケイカル板は全体的に微小な凹凸があるため、十点平均粗さと算術平均粗さで著しい差がなく、ともにフレキシブルボードに比べて高い結果になったと考える。本試験では素地の部分的な評価をしている十点平均粗さではなく、全体的な評価をしている算術平均粗さで剥離率との関係性を結果にまとめることとした。

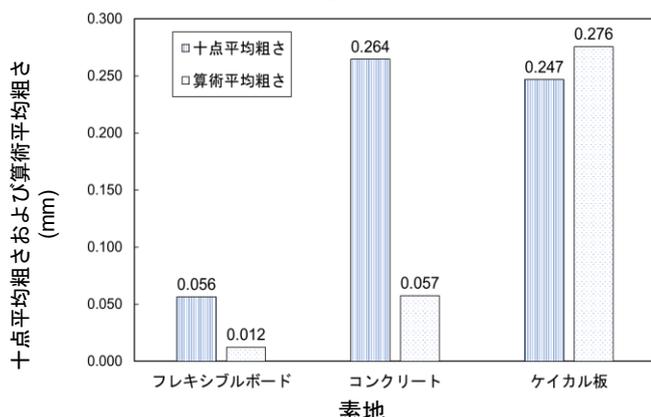


Fig.4 素地の表面粗さの結果

5.2. 剥離率

試験結果を Table 4、Fig.5 に示す。結果は同一条件で 3 回実施した試験の平均値および標準偏差を示している。作製した試験体とメーカー作製品との整合性を確認する目的でフレキシブルボードのメーカー作製品を結果に追加した。その比較ではメーカー作製品、作製した試験体の剥離率は 96~100%、標準偏差は 0~1 の範囲でいずれも同様の結果を示し、メーカー作製品と同等の試験体であることを確認した。

本試験で作製した 3 種類の素地の比較では剥離率は各剥離剤でフレキシブルボードが 96~100% の範囲で最も高く、次いでコンクリート板、ケイカル板の順であった。また標準偏差はフレキシブルボードが 0~1 の範囲で最も低く、フレキシブルボードの値に比べてコンクリート板は 1.23~2.06、ケイカル板は 0.57~5.66 の範囲で高い結果であった。

剥離剤の比較では素地がフレキシブルボード、コンクリート板の場合、剥離剤②が最も高く、ケイカル板の場合、剥離剤①が最も高い結果であった。これより素地の違いによる剥離剤間の優位性の順位は同様の傾向を示さなかった。したがって本試験の素地の違いによる剥離率の違いは素地の性能のほかに剥離剤の主成分や粒子の大きさ、粘度等が起因している可能性がと考えられる。

Table 4 剥離試験結果

	剥離剤①		剥離剤②		剥離剤③	
	剥離率 (%)	標準偏差	剥離率 (%)	標準偏差	剥離率 (%)	標準偏差
フレキシブルボード (メーカー作製品)	96.0	0.47	96.0	0.00	99.3	0.94
フレキシブルボード	96.7	0.94	100	0.00	99.7	0.47
コンクリート板	83.0	3.0	97.0	1.63	91.3	1.70
ケイカル板	72.0	1.63	66.7	5.56	66.7	6.13

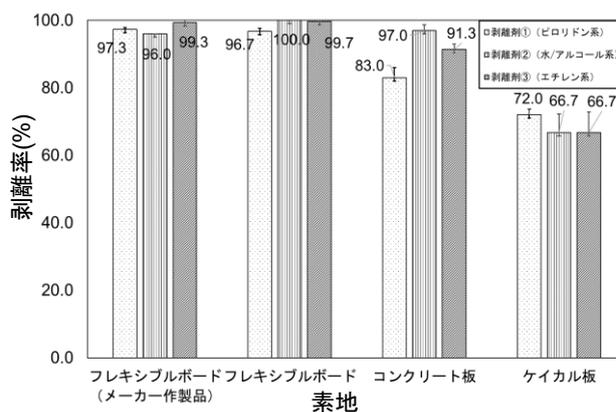


Fig.5 剥離試験結果

算術平均粗さと剥離率の関係を Fig.6 に示す。Fig.6 より表面粗さが増加するに伴い剥離率が低下する傾向があり、相関係数は剥離剤①が-0.910、剥離剤②が-0.997、剥離剤③が-0.996 であり、表面粗さと剥離率には相関関係があることが確認できた。算術平均粗さの数値が大きいほど表面の凹凸があり、剥離時に入り込んだ塗料にヘラの刃が到達できず、除去ができなかったため剥離率が低下したのではないかと考える。

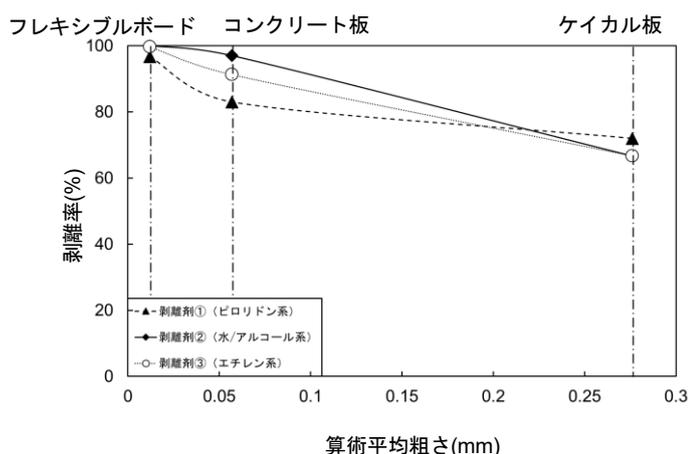


Fig.6 剥離率と算術平均粗さの関係



フレキシブルボード (剥離率: 98%) コンクリート板 (剥離率: 86%) ケイカル板 (剥離率: 68%)

Fig.7 剥離面の様子 (剥離剤①)

6. まとめ

本試験で得られた知見を以下に示す。

- (1) 素地の違いによる剥離性能の違いは著しく、剥離率が最も高かったのはフレキシブルボードで次いでコンクリート板、ケイカル板の順であった。
- (2) 素地の違いによる剥離剤間の優位性の順位は同様の傾向を示さなかった。今後は各剥離剤の粒子の大きさ、粘度を測定してその違いを検討する必要があると考える。

- (3) 算術平均粗さと剥離率には相関関係があり、表面粗さの数値が大きいほど表面の凹凸があり、そこに塗料が入り込み、剥離時にヘラの刃が到達できず除去ができないため剥離率が低下した。

7. 今後の展望

本試験では仕上塗材の素地として使用されている3種類で実施した。しかし実施工ではその他の素地も使用されており、それらの表面粗さと剥離率の関係性は明らかになっていない。今後さらに素地の種類を増やして試験を実施し、素地条件を検討する必要があると考える。

謝辞

本研究は平成31年度戦略的基盤技術高度化支援事業の助成を受け実施しました。実施にあたりご支援いただきました各メーカー様にここに記して謝意を申し上げます。

参考文献

- 1) 国土交通省：建築物石綿含有建材調査マニュアル,p3
- 2) 厚生労働省：「建築物等の解体等の作業及び労働者が石綿等にばく露するおそれがある建築物等における業務での石綿ばく露防止に関する技術上の指針」に基づく石綿飛散漏洩防止対策徹底マニュアル (2.20 版),2019.3
- 3) 日本建築仕上工業会：アスベスト含有仕上塗材・下地調整塗材の概要, (2017)
- 4) 日本規格協会：JIS B 0601 製品の幾何特性仕様,2013
- 5) 環境省：建築物の環境解体等に係る石綿飛散防止対策マニュアル
- 6) 国立研究開発法人建築研究所：建築物の改修・解体時における石綿含有建築用仕上塗材からの石綿粉じん飛散防止処理技術指針,pp20-24, 2016,5
- 7) 北村勇翔・鈴木智也・高橋巧樹・永井香織：アスベスト含有建材の除去作業に関する研究-剥離剤工法の選定-,日本大学生産工学部第52回学術講演会,2019.12.7
- 8) 川邊瞭祐・伊藤紘之・永井香織・市原英樹：石綿含有建築用仕上塗材処理に使用する剥離剤に関する研究-荷重による剥離効果の違い-,2018年度日本建築学会 関東支部研究報告集 I