波板スレートの経年劣化に関する研究

CORRUGATED ASBESTOS CEMENT SHEET: DETERIORATION WITH YEARS IN SERVICE

長谷川 哲也*, 稲吉 強**, 畑中 重光***, 谷川 恭雄****
*Tetsuya HASEGAWA, Tsuyoshi INAYOSHI, Shigemitsu HATANAKA
and Yasuo TANIGAWA*

Deterioration with years in service of corrugated asbestos cement sheet (slate) is investigated experimentally. This material is widely used for roofing of factories. The present paper provides the properties of the slate being used for up to 35 years.

Following experimental items are discussed, based on the experimental data.

1. Appearance changes: thickness, cross sectional density, interlayer segregation
2. Change in water absorption
3. Change in chemical property: pH, chemical composition
4. Change in mechanical property: flexural strength, Charpy impact value

From the obtained experimental data, it is assumed that the flexural strength of the slate almost constantly decreases with years in service. Such tendency coincides with the fact reported by users, while that can not be predicted from the experimental data reported earlier.

Keywords: *Corrugated asbestos cement sheet, Deterioration, Bending failure, Water absorption, Charpy impact value*

波板スレート, 劣化, 曲げ破壊, 吸水率, シャルピー衝撃値

1. はじめに

波板スレートは、一般にセメントと石綿を混合したスレートを波形に成形したもので、主として建物の屋根葺き材や外装材として使用されており、波形スレートとも呼ばれている。波板スレートがわが国で数多く使用されるようになったのは昭和30年頃である。最初には小波スレートのみの生産であったが、後に大波スレートの生産も開始された。以来、波が深く、強度の高い大波スレートは主に屋根材として、小波スレートは壁材として使われてきた^{3),4)}。

波板スレート屋根の場合、ある程度以上年数を経ると、割れや漏水などの不具合が発生し、その不具合箇所の補修を行う職人が、経年によって弱くなった屋根を踏み抜いて落下事故を引き起こす場合もある。このように、現場サイドでは常識化された波板スレートの経年にとまなう劣化の進行について、過去の調査研究では明確な説明がなされておらず、波板スレートの耐用年数も定かではない。

補修や取替え時期に何の目安も無いため、現状では建物（工場が多い）所有者によって、メンテナンスの時期および方法は全く違っている。すなわち屋根の葺替え工事は、安全上の問題から当該工場の操業停止を伴うなど、一般的に工場の生産活動の調整を含んだ難工事となっており、補修時期、補修方法および葺替え時期の明確化

が望まれている。現実には、ある所有者は必要性に疑問を感じながら定期的に葺替えを行っているのに対し、別のある所有者は、常に不安を抱きながら、30年近くも葺替えを行っていないという状況である。

筆者らは、最近、愛知県内の大手自動車製造会社の所有する工場群に使用されている波板スレートの劣化状況を調査する機会を得た。本報では、補修時期、補修方法および葺替え時期を判断するための基礎資料として、この会社工場において、4～35年の間使用されている波板（大波）スレートの不具合状況の調査結果を報告するとともに、スレートの経年による劣化現象について物理的および化学的側面から検討する。

2. 大波スレートの不具合の実例

前述の会社では、約35年前から最近まで、各所で工場建設を行ってきた。それらの工場の屋根材については漏水等に対するメンテナンスが継続して行われている。図1に1994年の集中豪雨後に行った全工場の屋根波板スレート（大波）の割れや漏水に対する点検結果（不具合率）を示す。なお、図中の縦軸の不具合率は以下のように定

本稿は、文献1)および2)に加筆・修正を行ったものである。

* 日本診断設計㈱

** トヨタ自動車・建築デザイン室 室長

*** 三重大学工学部建築学科 教授・工博

**** 名古屋大学工学部建築学科 教授・工博

Japan Architectural Examination and Design Office Co. Ltd.

General Manager, Dept. of Architecture & Engineering, Toyota Motor Corporation

Prof., Dept. of Architecture, Faculty of Engineering, Mie Univ., Dr. Eng.

Prof., Dept. of Architecture, Faculty of Engineering, Nagoya Univ., Dr. Eng.

義した。ここで不具合とは、漏水および割れを示す。

$$\text{不具合率}(\%) = \frac{\text{不具合を生じたスレート枚数}}{\text{調査した全スレート枚数}} \times 100 \quad (1)$$

このデータには若年の物件が少なく、既に補修が行われた物件も対象としているので、経過年数と不具合率の間に明確な相関は見られない。ただし、20年以上経過した工場ではかなりの割合で不具合が発生していることがわかる。

3. 波板スレートに関する JIS 規格と既往の研究

3.1 波板スレート（大波）の JIS 規格の変遷

冒頭に述べた工場の屋根材は大波スレートである。大波スレートの力学性能は基本的には JIS 規格（現行の JIS A 5430 繊維強化セメント板）に準じていると考えてよい。このうち曲げ破壊荷重については、図2に示すように、昭和23年から小刻みに改訂が行われ、約9年間で強度が2倍に上昇していることに留意する必要がある。最近では昭和49年に曲げ破壊荷重が350kgf から400kgf へと約14%引き上げられている。

3.2 波板スレートに関する既往の研究

前島ら⁵⁾は、施工後の経過年数の異なる自社工場の屋根材の石綿スレートの変化を調査した。この報告は、小波スレートについては施工後20年まで、現在よく屋根材として使われている大波スレートについては施工後10年までのデータに基づいている。

1) 吸水率

図3によれば、初期の吸水率は20%を超えているが施工後2～3年で急速に低下し、5年以降では約10%前後まで低下している。

2) 吸水速度

図4によれば、材齢2週目の製品は水浸後1時間で吸水率が約20%まで達するが、施工後20年経過した製品は約10%の吸水率まで達するのに10時間以上を要している。

3) 曲げ強度

昭和20年～40年頃の製品の平均強度と JIS 規格値(図2)から判断して、強度の低下はなく、逆に強度が上昇する傾向が見られた。ただし、曲げ破壊時のたわみは減少した。

4) 遊離石灰量（セメント化学分析委員会法：1954年に準ずる）

生産直後の製品では、遊離石灰量は7%弱であるが、初期の段階で急激に減少する。2年経過時点では約1%にまで減少し、5年経過以降はほとんど見られなくなる。

3.3 検討課題

以上のように波板スレートに関する既往の研究を調査した結果、その経年劣化についていくつかの検討課題が生じた。以下にその主なものを列挙する。

- 文献⁵⁾に示されているデータは小波スレートの場合で施工後20年まで、大波スレートの場合では施工後10年までのものである。すなわち、図1において不具合が多く見られた施工後20年以上の大波スレートの経年劣化については不明な点が多い。
- 小波スレートは20年未満であれば、経年にもとって、遮水性および曲げ強度が向上したと報告されている。つまり経年にも

図1 工場屋根に使用されている大波スレートの不具合率

図2 波板スレート（大波）の曲げ破壊荷重に関する JIS 規格値の変化

図3 経年に伴う吸水率の変化（小波スレート）⁵⁾

図4 経年に伴う吸水速度の変化（小波スレート）⁵⁾

なって外装材としての性能が向上してゆく材料であるとされている。しかし、使用期間35年までの大波スレートの不具合を調べた図1によれば、材質がほぼ等しいからといって、大波スレートにもこの知見をそのまま外挿して考えることができるか疑問である。また「屋根材の大波スレートは経年とともに踏み抜きの可能性が高くなる」といった現場サイドで一般に認識されている事実とは逆の性能変化である。

3) 昭和49年にJISの曲げ破壊荷重値が改訂されているが、曲げ強度と割れ等の不具合との関係は不明である。

図5 重ね部位置の断面図

4. 経年による板厚等の変化

4.1 板厚の変化

1) 出荷時のばらつき

1,820×950(mm)の波板スレート板の曲げ耐力は、板厚によって大きく左右される。そのため、年代別の強度を論ずる前に、どのような厚さの製品が出荷されていたのかを調査した。

施工された波板スレートについて、重ね部分で下になった方は減肉がなく出荷時の厚さを示すものと考えられる（図5参照）。したがって、出荷年度別で無作為に抽出した1枚の波板スレートについて、重ね下部のすべての山頂部と谷底部の厚さ（7点×2）を測定した。

測定結果を図6に示す。ほとんどの年代で谷底部の方が厚くなっている。1枚の中でもばらつきはかなり大きく、そのばらつきは古いものの方がより大きくなる傾向があり、20年経過したものでは最大値と最小値の差が2mmにも達していた。平均値を見る限りでは製造年度の新旧による板厚の増加または減少傾向は見られない。

なお、JIS A 5430に準じた測定方法（1枚で4箇所）によるデータも収集したが（各経過年数で3～37枚）、板厚のばらつきは図6とほぼ同様であった。JISでは「供試体の端（幅方向）から20mm以上内側の山頂及び谷底の各2点を1/20mm以上の精度を持つ測定器で計り、4点の平均値を求めて板の厚さとする」と規定されている。その寸法の許容値は $6.3 \pm 0.6\text{mm}$ となっているが、今回の試験結果もその計り方では許容値以内であった。

2) 経年変化

前項で述べたように、板厚の初期値にかなりばらつきがあるため、経年にともなう板厚の減少を板厚測定だけでは論じることができない。そのため、1枚の板の中で同じ山頂部の重ね下部と暴露部の厚さの差をもって減少厚さとした。測定方法はJIS A 5430に準じた。測定位置は図7に示すように山頂部も谷底部も1枚につき2列ずつ抽出し、各列につき重ね下部の板厚と露出部の板厚の差を調べた。測定結果を図8に示す。図によれば、経年にともない板厚の減少が進行してゆくことがわかる。回帰直線によれば、施工後23年で板厚は約10%減少する。また谷底部に比べ山頂部の方が若干減肉が大きいといえる。

図6 重ね下部における山頂部と谷底部の板厚変化

図7 板厚の測定位置

図8 経年に伴う板厚の減少量

4.2 断面の密度変化

断面方向の密度変化を顕微鏡写真と密度測定によって評価した。谷部の断面写真を経過年数別に写真1に示す。この写真によれば、断面の厚さは施工年代によって異なっている。これは経年劣化に

写真1 経過年数別断面写真

図9 経年に伴う密度の変化

写真2 層間剥離状況

よって生じた差異ではなく、出荷時の波板スレート自体の厚さが異なるためである。

経年変化が観察されるのは外部表層のみである。経過5年では表面・内部ともに変化がなく、10年目で表面のセメント硬化体がわずかに消失し、固定されていたアスベストが毛羽立ち始めている。30年目では、表層から0.6mm程度がポーラスになっている。一方、内部および内側（裏面）はこの倍率では見かけ上は何の変化もないように見える。図9に、経過年数別の密度測定結果を示す。これによれば、経年による変化はほとんど見られない。

以上のことから、経年にもなう密度の変化は表層のみで、内部においてはほとんど劣化しないものと思われる。

4.3 層間剥離率の変化

一般に、波板スレートは所定の厚さまで何枚にも重ねて成型される。その後、加圧脱水、養生、脱型、貯蔵を経て、出荷にいたる。

板の重ね部分の界面で剥離が生じている状況を写真2に示す。以

図10 経年に伴う層間剥離率の変化

下、剥離率について述べる。

調査方法は、各年代別に無作為に抽出した長さ850mm以上のサンプルを、山頂と谷底に沿って高速カッターで切断し、その断面を目視で観察した。板内の位置に関係なく、剥離の生じている部位の長さの合計を剥離長さとし、次式によって剥離率を計算した。

$$\text{剥離率}(\%) = \frac{1 \text{ 枚中の剥離長さの計}}{1 \text{ 枚中の調査長さの計}} \times 100 \quad (2)$$

調査結果を図10に示す。山部、谷部ともに本調査の範囲では経年による剥離率の増加傾向があるとは言えず、むしろ若年の製品にも剥離がかなり見られる。また、一般に山部の方が剥離率が高くなる傾向がある。

5. 経年による吸水特性の変化

屋根材には高い遮水性能が要求される。経過年数と吸水速度の関係を調べるために、外部(上側)からの吸水量を経時的に測定した。ここでは、同じ経過年数の波板スレートから切り出した暴露部と、暴露されていない重ね下部を併せて試験した。

1) 試験方法

①供試体種別：新品，経過年数の異なる大波スレート

(10年，20年，30年，35年)の暴露部と重ね下部

②供試体寸法：20mm×50mm

③供試体作成方法：寸法切りした試験片を100～110℃で2時間乾燥後、試験片の側面と裏面をパラフィンでシールして重量を測定した。

④試験方法：常温の水に浸漬して、所定時間(1，3，9および24時間後)に引き上げて、表面の付着水を濡れウェスで拭き取り、重量を測定して吸水重量を求めた。

2) 試験結果

図11および12に、それぞれ重ね下部および暴露部の吸水速度を示す。なお吸水率は次式で求めた。

$$\text{吸水率}(\%) = \frac{\text{吸水重量} - \text{初期重量}}{\text{初期重量}} \times 100 \quad (3)$$

重ね下部の吸水速度を示した図11によれば、新品および10年経過したものでは、およそ9時間まで吸水率の増加が著しく、その後の増加率は小さくなる。一方、施工後30年および35年経過したものは、新品および10年経過したものに比べて、吸水速度は遅く、24時間後の吸水率も小さい。

暴露部の吸水速度を示した図12によれば、暴露部では重ね下部とまったく傾向が異なることがわかる。経過年数によって若干数値的な違いはあるものの、いずれの板も新品と同様に、約3時間までは吸水が激しく、9時間を超えた後はゆっくりと吸水する。すなわち、どの時間でも新品の吸水率に対する割合がほぼ等しい(50～70%とほぼ一定)。24時間後の吸水率そのものは約8～10%で、重ね下部に比べてかなり大きい。

図13に、経過年数と24時間後の単位表面積あたりの吸水率との関係を示す。図によれば、少なくとも30年までは暴露部も重ね下部も吸水率は下がり続けている。すなわち、新品の吸水率は14%であるが、経過年数30年では重ね下部の吸水率は2%まで、暴露部でも9%まで低下している。

図11 重ね下部の吸水速度

図12 暴露部の吸水速度

図13 経過年数と吸水率の関係(24時間後)

表1 試料の採取位置

経過年数	部位	外部表層からの距離
新品		0～1mm
15年	暴露部	0～1mm，1～2mm，2～3mm
35年	暴露部	0～1mm，1～2mm，2～3mm

以上の結果のうち、30年ものの重ね下部の24時間後の吸水率2%は外装材として極めて良好な値であり、この点だけをとらえれば、前島らの報告⁹⁾にも述べられているように、波板スレートは経年とともに性能が向上する材料とも言える。この原因については次節で考察する。

6. 経年による組成の変化

吸水率変化の主要因と思われる水酸化カルシウム $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の炭酸カルシウム CaCO_3 への変化を調べた。

1) 試験方法

表1に示す部分から削り取った粉末について、X線回折分析装置を用いて $\text{Ca}(\text{OH})_2$ および CaCO_3 の分析を行った。

2) 試験結果

図14に示すように、新品のものでは外部表層でも $\text{Ca}(\text{OH})_2$ が見られたが、15年経過したものでは板の外部表層はもとより、板断面の中央でも CaCO_3 しか見られない。この傾向は施工後35年のものでも同じであった。したがって、前述した経年にともなう吸水率の低下は以下のような理由によるものと考えられる。すなわち、スレート硬化体内の空隙を降雨時に水が充填し、そこへ水酸化カルシウム $\text{Ca}(\text{OH})_2$ が溶出し、乾燥時に空気中の CO_2 を取り込んで CaCO_3 に変化しつつ空隙を充填したものと考えられる。

ちなみに、施工後35年のものでは SiO_2 が見られたが、これは、当時メーカーによっては増量と強度向上のために珪砂の混入を行っていたことが原因と思われる。なお、この混入は昭和47年頃まで行われたが、加工性の点で問題を生じるとの理由から、これ以後は現在の調合に変更されていることを付記する。

図14 経年に伴う断面の化学成分の変化 (粉末 X 線回折による)

図15 曲げ破壊試験方法

7. 経年による力学特性の変化

7.1 曲げ破壊荷重の変化

工場等の屋根は、建物の中に雨水を浸入させないといった基本的な性能の他に、各種施設の設置やメンテナンス用通路としての強度も必要とされる。ここでは一般に強度の指標とされる曲げ破壊荷重の経年による変化を調べた。

1) 試験方法

試験は図15に示すように、JIS A 5430 5.5曲げ強度試験に準じて行った。また、ここでは比較的古い波板スレート、すなわち経過年数21年、30年および35年のものについて供試体数を増やした (表2参照)。

2) 試験結果

試験結果を図16に示す。相関係数は $r = -0.854$ となり、経年による強度の低下傾向が明確に見られた。2.2節で述べたように、経過年数約20年の波板スレートは、JISの曲げ破壊荷重が350kgf (3430N) から400kgf (3920N) に変わった時期に製造された製品でもあり、初期値が違ふことが予想されるため単純な比較はできないが、図16に見られる強度の低下傾向は明らかに JIS 規格の変化より大きいと言える。また経過年数10年、21年、30年および35年の板について、曲げ破壊荷重と板厚の相関関係を表2に示す。板厚の測定は、JIS A 5430 5.3寸法の測定によった。表2の結果より以下のことが考察される。

- ①板厚と曲げ破壊荷重の間には相関があると思われたが、両者の相関性は極めて弱い。
- ②板厚と曲げ破壊荷重の相関性があまり強くない理由として、厚さの初期値が異なっている可能性があること、厚さ以外のファクターが強度に関係していることなどが考えられる。
- ③波板スレート自体、一般に1枚の面の中でも板の厚さがばらつい

表2 曲げ破壊荷重と板厚の関係式

経過年数	n	相関係数	回帰式
10年	9	0.495	$Y = 619X + 1675$
21年	27	0.553	$Y = 792X - 703$
30年	27	0.369	$Y = 1070X - 2107$
35年	27	0.016	$Y = 29X + 3642$

Y : 曲げ破壊荷重 (N) X : 板厚 (mm)
n : 供試体数

図16 経年に伴う曲げ破壊荷重の変化

ており(図6参照), JISによる端部4点の測定では, 必ずしも応力の大きい部位の厚さを推定できない可能性がある。

波板スレートの曲げ破壊荷重について以上の知見をまとめれば, 図17のようになる。なお, 曲げ破壊時のたわみはいずれも4mm~6mmの範囲であり, 経過年数による増大あるいは減少傾向は見られなかった。

7.2 耐衝撃力の変化

経年にもなう, 硬さおよび脆さの変化を調べるためにシャルピー衝撃試験を行った。

1) 試験方法

供試体は, 曲げ破壊試験後の残材から重ね部分と暴露部分について, 170mm(長さ)×130mm(1山を含む幅)を切り取って作製した。

試験方法は, JIS Z 2242に準じた。すなわち, 図18に示すような機械の下部に切り取った供試体を固定し, 3kgf(29.4N)のハンマー振り子を振り降ろして供試体を破壊する。供試体破壊時の振り子の振り上げ角度から次式によって供試体の吸収エネルギーを算出し, シャルピー衝撃値とする。

$$E = M(\cos \beta - \cos \alpha) \quad (4)$$

ここに, E : シャルピー衝撃値 (N・cm)

M : ハンマーの回転軸の周りのモーメント (N・cm)

$$M = Wr$$

W : ハンマーの質量による負荷 (29.4N)

r : ハンマーの回転軸中心から重心までの距離 (35cm)

α : ハンマーの持ち上げ角度 (150度)

β : 供試体破断後のハンマー振り上がり角度

2) 試験結果

試験結果を図19に示す。本試験結果によれば, 経年によるシャルピー衝撃値の増減傾向は見られない(硬さおよび弾力性の変化は明確には見られない)。また, 曲げ破壊荷重の場合, 経過年数20年未満と20年以上の供試体ではかなりの差が見られたが, シャルピー衝撃試験値では両者の間に明確な差は見られない。

8. まとめ

本研究では, 現在, 屋根葺き材として多く使用されている大波スレートの経年劣化について調査・研究を行った。

対象とした大波スレートは材齢35年までのものであり, これまでに報告されている研究結果(材齢10年まで)とは異なる傾向, 例えば, 曲げ破壊荷重が経過年数とともに小さくなる傾向などが明らかとなった。本研究によって得られた結果を項目別にまとめると, 以下ようになる。

1) 板厚等の変化について

①同一のスレートでも出荷時点で既に厚さのばらつきがかなり大きく, その差は最大2mmであった(図6参照)。

②板厚は経過年数にほぼ比例して減少する(図8参照)。

③経年にもなう密度の変化は表層部のみで, 断面内部は経過30年のものでもほとんど変化していない(写真1参照)。

2) 吸水特性の変化について

①吸水率は, 暴露部・重ね下部ともに材齢30年まで下がり続ける。

その程度は重ね下部の方が著しく, 初期に14%程度あったものが30年では約2%にまで下がる(図11~13参照)。

②前項で述べた現象は, 水和反応時に生成される水酸化カルシウムが炭酸ガスと反応して炭酸カルシウムが生成されることにより, コンクリート表面近くから細孔が充填され, 吸水率が低くなったためと考えられる。

③以上より, 前島ら⁵⁾の報告でも述べられているように, 波板スレートは経年とともに遮水性能が向上する材料であると言える。

3) 力学特性の変化について

曲げ破壊荷重に影響を及ぼす要因	経年に伴う変化または傾向	曲げ破壊荷重(本試験結果)
現在の板厚	明確な減少	経年に伴う低下傾向(弱い相関)
初期の板厚	ばらつき大	
層間剥離	ばらつき大	
JISの板厚測定法	精度に疑問(必ずしも破壊断面の情報を与えるとは限らない)	

図17 波板スレートの曲げ破壊荷重に影響を及ぼす諸要因と本試験結果との関係

図18 シャルピー衝撃試験方法

図19 暴露部および重ね部の経年に伴うシャルピー衝撃値の変化

①曲げ破壊荷重は、全体的にはばらつきが大きいものの、平均値は経過年数とともに小さくなる傾向が見られる(図16参照)。ばらつきが大きくなった理由として、当初の厚さにばらつきが大きく経過年数が多いものが薄いとは限らないこと(図6参照)、層間剥離の生じる時期が経過年数とは関係していないこと(図10参照)などが考えられる(図17参照)。

②曲げ破壊時のたわみ量、およびシャルピー衝撃値の試験結果によれば(図19参照)、経過年数にともなって硬さや弾力性が変化しているとは言えない。

4) メンテナンスの方針について

①波板スレートの遮水性能は経年とともに向上するものの⁵⁾、曲げ強度は経年に伴い低下するため補修・葺替えは必要である。その時期は、現段階ではおよそ20年(昭和49年 JIS 改正以前)が補修の目安と思われるが、図16の経年に伴う曲げ破壊荷重の変化を参考に、場合に応じて要求性能と安全率を考慮して判断する必要がある。

②曲げ強度の主な劣化原因は板厚の減少であると考えられるため補修にあたっては、これを防ぐ必要がある。

5) 今後の課題

前項4)で述べた補修・葺替えが必要な性能基準を明確にすること、およびその簡易診断方法の開発が重要と思われる。また、板厚の減少をくい止める有効な補修方法の開発も望まれる。

謝辞

本研究にあたり御指導・御協力を賜った、浅野スレート(株)中央研究所長・岡崎卓也氏、名古屋支店営業課長・対馬更正氏、名古屋工場生産課長・久野健二氏および廣川智之氏に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 長谷川哲也他3名：波板スレートの経年劣化に関する研究(その1)、日本建築工学会1996年大会学術講演会研究発表論文集, pp.69~72, 1996
- 2) 長谷川哲也他3名：波板スレートの経年劣化に関する研究(その2)、日本建築工学会1996年大会学術講演会研究発表論文集, pp.73~76, 1996
- 3) 建築材料実用マニュアル編集委員会：建築材料実用マニュアル, 産業調査会事典出版センター, p.325, p.327, 1994

- 4) 狩野春一他：波板石綿スレート・石綿セメント板 JIS 解説, 石綿スレート協会技術部会論文集, pp.42~43, 1967
- 5) 前島正一他：長年使用波形スレートの特性, 石綿スレート協会技術部会論文集, pp.99~108, 1967

参考

スレート(slate)とは、粘板岩や頁岩を薄板状に切り取ったものを称していたが、現在では、この天然スレートの他にいくつかの種類の人工スレートが製造されている。屋根葺き材としての波板スレートの位置付けを明らかにするため、参考表に現在用いられている非金属系成形屋根葺き材の種類を形状別に分類して示す。

天然スレートの代替品として、石綿を使用した小平板(約400mm角)が大正5年に国産機械によって製造され始めた。その後(第一次世界大戦後)、モルタル瓦風の厚形スレートおよび910mm×1,820mm(または1,210mm×2,420mm)の大型のいわゆる石綿セメント板に発展し、さらにこれに波をつけた波板スレートへと改良が進んだ⁴⁾。

参考表 非金属系成形屋根葺き材の種類(文献³⁾に加筆)

形状	材質	名称
平板状	自然石	天然スレート
	木口	ウッドシングル、ウッドシェイク
	粘土	粘土瓦(平瓦)
	繊維強化セメント	住宅用屋根スレート(平板状)
	アスファルト系	アスファルトシングル
	樹脂系	不飽和シングル
凹面板状	粘土	粘土瓦(平瓦、スペイン瓦、イタリア瓦)
段状、S字状 (かみあわせ形、 重ね形)	粘土	粘土瓦(フランス瓦、和形、S形、洋形)
	セメント系	厚形スレート
波板状	繊維強化セメント	住宅用屋根スレート(波板状)
		波板スレート(大波) 山幅: 7.5山/0.95m 谷深さ: 35mm以上
		波板スレート(小波) 山幅: 11.5山/0.72m 谷深さ: 15mm以上
	ガラス	波板ガラス
	樹脂系	プラスチック製波板

(1997年3月10日原稿受理, 1997年7月16日採用決定)