

造形作品の素材開発に関する実験的研究 — 新たな空間表現を可能にする素材として —

生産工(院) ○石田憲 生産工 日高單也

1. はじめに

今日の建築に関わる、作るという行為の過程においては、「意匠 (= 工夫をめぐらせること)」が少なくなってしまうと考えられる。工場でライン化された製造過程で作られた製品をパズルのように組み合わせる構成される空間には作り手は不在であると思われる。

一方、人間の手を必要とする左官では「人間の手作業と風・太陽熱などの自然のエネルギーのほか、いかなる化石燃料も必要としない」ものづくりが存在していて、風土や地域性を見出すことができると思われる。この考えにより、本研究では身近にある素材 (紙・澱粉糊) を使用し、造形及び意匠をめぐらせるための液状繊維素材の開発、またそれを用いた制作を通じた考察及び素材の改良を行っている。

2. 研究の背景と目的

現在、建築空間における壁紙・床材などの素材は化石燃料に依存している傾向がある。それに伴い、廃棄物の処理、空間表現の画一化などの問題を抱えていると思われる。紙と澱粉糊を混ぜ合わせた「液状繊維素材」は左官壁と同様に空間表現の幅を広げるツールとなりうると考えられる。また、壁紙や床材などが規格化されることで、施工期間の短縮に大きく貢献していることも事実であるが、設計活動に「意匠」という行為を失わせている一面があると考えられる。

容易に扱え、安全かつ経済的で豊かな空間表現を可能にする素材を開発していくことにより意匠の幅は広がりを持つことが考えられる。また、石油製品である樹脂に変わる造形素材としても転用することができ、この「液状繊維素材」は幅広い利用価値を見出す可能性を十分に含んでいると考えられる。

3. 液状繊維素材について

液状繊維素材とは、紙を水で溶かして、さらに澱粉糊を混ぜ合わせたものであり、装飾用素材^{*1}の質感を損なうことなく成形が可能であることが一番の特徴である。紙繊維の膠着作用により装飾用素材同士を繋ぎとめ、さらに澱粉糊の接着力によって乾燥したときに強固な結合をなすことが期待できる。なお、本研究では、紙は半紙を使用している。

4. 液状繊維素材の配合及び制作に関する手順

4-1. 液状繊維素材の配合

表 1 は「液状繊維素材」を制作するための材料の配合を表している。水 1L に対する紙と澱粉糊の量を示す。水が他の材料に対して量が多いのは、「紙繊維同士の結びを弱める役割」と「澱粉糊を希釈する役割」を担っているからである。

表 1. 液状繊維素材の配合表

材料	水	紙	澱粉糊
量 (g)	1000	200	350
比率	10	2	3.5

4-2. 制作に関する手順

- 半紙を短冊状に切る。
- ミキサーに水を 7 分目まで入れ、ミキサーを稼働させながら半紙 30 枚程度を少しずつ投入していく。
- 5 秒程度攪拌したらミキサーを止め、中身を筈にあげて水を切る。
- さらに手で絞って水を切り、パルプを作る。
- 澱粉糊を水に溶かし、前工程で作成したパルプと一緒に混ぜ合わせてペーストを作る。

上述の a~e の制作手順により作り上げられたものが「液状繊維素材」になる。また、2, 3 日寝かせることで材料同士が滑らかになり混ざり具合が良くなる。

5. 制作概要

上述の「液状繊維素材」を用いて立体・平面作品を制作することにより、その可能性や改善点を見出す。制作にあたり、平面作品には「塗り工法 (塗り材^{*2}を下地に塗布する)」を、立体作品には「埋め込み工法 (型枠に塗り材を埋め込んで充填させる工法)」と「塗り工法」を適用し、制作する作品の形態に応じて適切な工法を用いる。

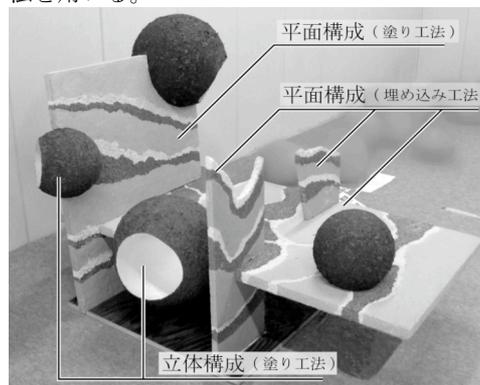


図 1. 作品の構成

5-1. 使用する材料, 道具について

表 2. は, 使用する材料の特徴を表している。表 2. から, 「液状繊維素材」が結合材, 混和材料, 補強材料の役割を同時に担い, 粒子を成形し, 固定することに適したものであると考えられる。

表 2. 使用する材料の構成

材料の構成		
①結合材料	分子間引力	半紙
	乾燥硬化	半紙, 澱粉糊
②骨材	装飾用	珪砂, 富士砂, 洗い砂, 鹿沼土, 腐葉土, 黒土
③混和材料	作業性向上 剥離・ひび割れ防止	澱粉糊
④補強材料	ひび割れ防止	半紙
	引張り力負担	竹(塗り工法 立体構成作品のみ)
⑤水	作業性向上	水道水

表 3. は 塗り材の配合を示し, 700ml を 1 として配合比を表している。

表 3. 塗り材の配合表

液状繊維素材	装飾用素材	珪砂	富士砂+洗い砂	鹿沼土	腐葉土+黒土
液状繊維素材700mlに対して (ml)		1,750	2,800	1,400	1,540
配合比(液状繊維素材:装飾用材料)		1 : 2.5	1 : 2.5 : 1.5※a	1 : 2	1 : 2 : 0.2※b

※a 液状繊維素材:富士砂:洗い砂
※b 液状繊維素材:腐葉土:黒土

また, 制作に使用した道具は, 鏝, ドライバー, パケツ, ミキサーである。

5-2. 塗り工法(平面構成)

5-2-1. 概要

板面(下地材)に手で塗りつけた後, 鏝で平らにならし, 乾燥させる。広い面を短時間で仕上げる事が出来る工法である。

5-2-2. 特徴

この工法で制作を行った結果, 下記の長所・短所を挙げることができる。

- 長所 ①浮き・剥離・ひび割れの故障がない。
②工期の短縮(後述の埋め込み工法と比べて乾燥待ちが極めて短い)。
③同一の塗り材で故障箇所を埋めてならずことで, 補修が容易である。

短所 ①装飾用素材の重さよりも下地材の重さの方が大きくなってしまふことで全体の重量が大きくなってしまふ。

5-2-3. 使用した材料

この工程での制作を行うにあたって, 液状繊維素材・珪砂・富士砂・洗い砂・鹿沼土を使用している。これらの配合は表 3. の液状繊維素材:装飾用素材を参照。

5-2-4. 工程及び工法

a. 液状繊維素材を制作

配合および作成手順に関しては 4-1. と 4-2. を参照。

b. 素材の配合

素材の配合に関しては表 3. を参照。

c. 下地材への塗りつけ

団子状にした塗り材を手にとり, 少量ずつ下地材に押し付けていく。塗り厚が 5mm 程度で塗布することができたら, 塗り材が下地材から剥がれ落ちないように注意しながら鏝で表面をならしていく。

d. 乾燥(温風)

温風の出る乾燥機で乾燥する。一時間程度で乾燥を終えることができる。

e. 養生(自然乾燥)

平らで風通しの良い場所に置き, 水気を避けて自然乾燥しながら養生する。

以上の工程を完了したものを図に表したものが図 4. である。

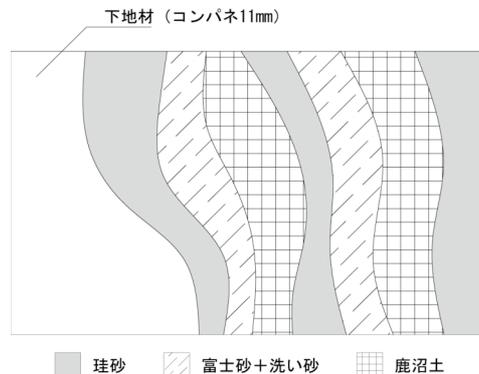


図 2. 塗り工法の全工程を終えた作品の構成図

5-3. 埋め込み工法(平面構成)

5-3-1. 概要

打設用に開けた面から材料を埋め込み, 充填が終わると低湿度の環境に置き, 送風機で風を当てて表面を乾燥させる。乾燥に伴い水が抜けた分が空気孔となるので, 鏝にて押しつぶす。側面, 裏面の順に乾燥の進行に合わせて脱型していく。この後の乾燥は高温低湿度の部屋にて行う。裏面の型枠を外したら自然乾燥にて養生することで成形する工法である。

5-3-2. 特徴

この工法で制作を行った結果, 下記の長所・短所を挙げることができる。

- 長所 ①施工がし易く, その後の隣り合う材料同士の混ざりが起こらない。
②剥離などの故障箇所の補修が容易である。
③同一の塗り材で故障箇所を埋めてならずことで, 補修が容易である。
- 短所 ①打設時の厚さより薄くなる。
(圧縮する作業が必要になる)
②乾燥待ちが長い。

5-3-3. 使用した材料

この工程での制作を行うにあたって, 液状繊維素材・珪砂・富士砂・洗い砂・鹿沼土を使用している。これらの配合は表 3. の液状繊維素材:装飾用素材を参照。

5-3-4. 工程及び工法

a. 液状繊維素材を制作

配合および作成手順に関しては 4-1. と 4-2. を参照。

b. 型枠の制作

コンパネ 11mm を使用し, 型枠を制作した。ねじ止めにより型枠の制作・解体の施工性を高めた。

c. 素材の配合

素材の配合に関しては表 3. を参照。

d. 打設

片持ちのデザインであるため, 自重による曲げの補強のために竹で作った格子を中に入れた。型枠の深さの半分まで塗り材を入れ, 格子を乗せた後にその上に残りの深さ分の塗り材を入れる。充填が完了すると表面を鏝で平らにならしていく。

e. 乾燥(低湿度・送風)

仕上げ後, 低湿度(湿度 40%程度)な部屋で, 送風機で風を当てながら 2~3 日間養生する。ビニールシートを用いて周囲の汚れに注意する。

f. 圧縮

乾燥に伴い水が抜けることで空気孔ができ、塗り材の粒子間の結合が弱まるので、鏝にて押しつぶす。また、このようにすることで乾燥が急速に進む。

g. 脱型（側面型枠）

打設面に近い側面型枠の脱型を行う。

h. 乾燥（高温低湿度）

曲げによるひび割れを起こさないように注意しながら高温低湿（40℃・10%程度）な場所に移動し完全に乾燥するまで養生する。

i. 脱型（裏面型枠）

移動しやすいように表面がきれいな板に作品の表面を接して乗せ、裏面型枠の脱型を行う。

j. 養生（自然乾燥）

平らで風通しの良い場所に置き、水気を避けて自然乾燥しながら養生する。

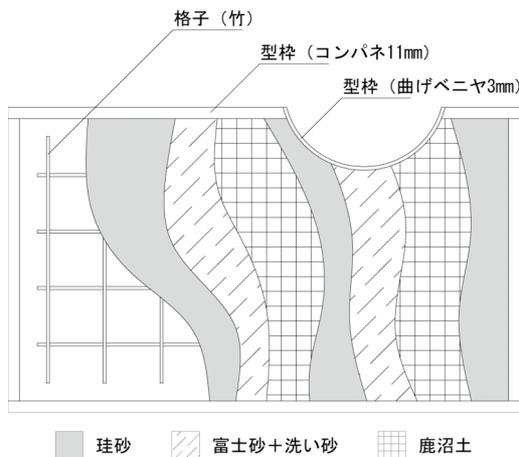


図3. 埋め込み工法の打設を終えたときの構成図

5-4. 塗り工法(立体構成)

5-4-1. 概要

球状の型を下地材として利用し、球体の作品を制作する。下地材に澱粉糊を水で溶いたものを塗り、紙を貼り付けて形を作る。紙が乾いたら塗り材を塗布して乾燥させた後に下地材を取り除く工法である。

5-4-2. 特徴

この工法で制作を行った結果、下記の長所・短所を挙げることができる。

長所 ①紙による造形の後に塗り材を塗布していくことで、自由度の高い造形が可能になる。

②同一の塗り材で故障箇所を埋めてならずことで、補修が容易である。

短所 ①球の大きさが大きく成る程、貼った紙が塗り材に含まれる水分で破れてしまう。

②構造体にできる程の強度を得られない。

③水に弱い。

5-4-3. 使用した材料

この工程での制作を行うにあたって、液状繊維素材、腐葉土、黒土、澱粉糊、水、紙を使用している。これらの配合は表3.の液状繊維素材:装飾用素材を参照する。

5-4-4. 工程及び工法

a. 液状繊維素材を制作

配合および作成手順に関しては4-1.と4-2.を参照。

b. 素材の配合

素材の配合に関しては表3.を参照。

c. 下地材へ紙を貼り付ける

空気を入れ膨らました下地材となる球体に澱粉糊を

水で溶いたものを塗り、紙同士を5mm以上ずつ重ねながら脱型に必要な大きさの穴（以下、脱型穴と呼ぶ）を残して貼り付けていく。

d. 乾燥（自然乾燥）

脱型穴と同径程度のバケツを固定する台に用い、脱型穴をバケツの口に合わせるように置き自然乾燥する。

e. 塗り材の塗布

紙が7割程度乾いたら、バケツに乗せたままで、手で塗り材を薄く塗布していき鏝で表面をなめす。

f. 乾燥（自然乾燥）

(d.)と同様に置き、自然乾燥にて完全に乾くまで乾燥させる。制作で使用した下地材の球体は、弾性が強く、中の空気熱膨張により、膨れてしまうため自然乾燥で行う。

g. 脱型

空気を抜き、脱型を行う。

h. 養生（自然乾燥）

転がらない措置を取り、水気を避けて自然乾燥にて養生する。

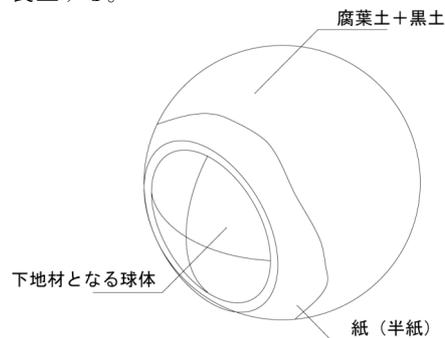


図4. 塗り工法の脱型前の構成図面

6. 故障と対策

制作過程で大きく3つの故障が観測できた。それらを考察し、原因を見つけ出し、対策を考え、それを今後の研究課題とする。

6-1. 剥離

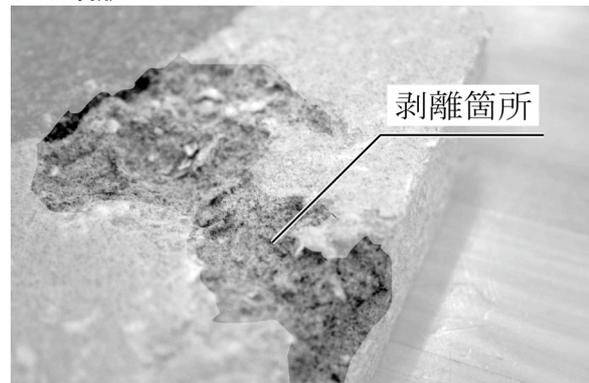


図5. 剥離を起こした箇所の写真

6-1-1. 原因

脱型時の不完全な乾燥のために、型枠から離れるときの引っ張りの力に耐えられないために、剥離が起こった。その他の原因での剥離する故障は見られない。

6-1-2. 実際に取った対策

剥離箇所を同一の塗り材で埋めることで補修し整えた。

6-1-3. 対策（今後の研究課題）

液状繊維素材を用いた際の型枠に適切な素材を見出す。型枠と材料の間にビニールを挟み、これを離型材として機能させることも考えられる。その他、曲面にも用いることができる離型材の選択も研究対象としたい。

6-2. ひび割れ



図 6. ひび割れを起こした箇所の写真

6-2-1. 原因

異なる材料のつなぎ目で割れてしまう現象が起こった。これは、構造上に問題があり、脱型時に外力が加わり、応力が異なる材料同士の境目に集中することで破断する要因となったと考えられる。

6-2-2. 実際に取った対策

澱粉糊を水で溶いたものをひび割れ箇所に流し込み異なる塗材同士の結びつきを補強した。

6-2-3. 対策（今後の研究課題）

紙・水・澱粉糊比の検討をし、使用する装飾用素材に応じて使い分けをすることで、異なる素材同士の結合を強めるための液状繊維素材を作る。また、補強材（板材・格子材）などを用いることで曲げに対する強度を得る。

6-3. たわみ

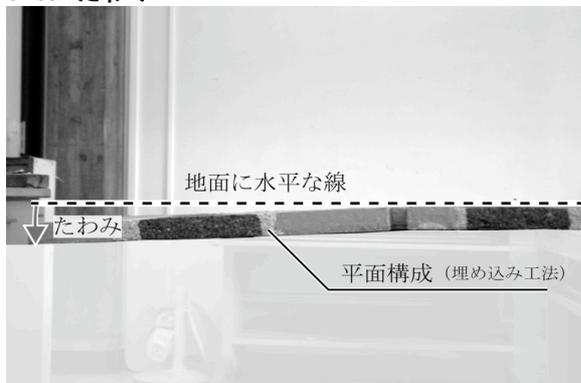


図 7. たわみを起こした箇所の写真

6-3-1. 原因

片持ちにしたことで、自重に耐えることができずにたわみが出てしまった。また、乾燥も不十分で片持ちに耐えられるだけの強度が得られていなかった。

6-3-2. 実際に取った対策

曲げによるひび割れを起こさないように注意しながら高温低湿（40℃・10%程度）な場所に移動し完全に乾燥するまで養生する。

6-3-3. 対策（今後の研究課題）

装飾用素材に用いる砂の比重などが大きいため、それらの使用を減らして造形するための工夫を考える必要がある。また、装飾用素材同士の結びつきをさらに強める液状繊維素材の開発も必要である。

7. 液状繊維素材の可能性について

7-1. 経済性（既存の安価な素材の活用）

紙を基本とした造形素材であるため、容易で安価に手に入れることができる。例えば、オフィスでシュレ

ッターにかけた紙などを活用することで、収集後に裁断する必要がなく、容易に水に溶かし、パルプ化させることができる。また、紙資源を有効に使うという点でも、リサイクルすることができている。

7-2. 媒介性（他の素材の質感を活かす）

紙繊維が素材を繋ぎとめる役割を果たすため、細かく裁断され繊維状になったものを利用することで素材の質感を損なうことなく成形することができる。また、異なる素材を接して用いるときも、澱粉糊の粘りも相まって混ざり合うことは少ない。

7-3. 可塑性（施工のし易さ）

塗材は紙繊維と澱粉糊により、可塑性を有する素材であるため施工性が高まる。

8. 考察

左官ではスサ（この研究では紙に当たる）の量が大きいほど収縮が小さく、亀裂防止の効果もある。塗材の無垢で制作した作品で、亀裂が入ることが無かったのは紙を基本とした構成であったためであると考えられる。

澱粉糊は、装飾用素材同士の接着強度を上げる目的で混ぜたのだが、その効果よりも「水もち（保水性）」を良くする働きが大きかった。塗材の乾燥時間が延び、施工性の向上に役立ったが結果として、当初予定していた乾燥時間よりも長くかかってしまった。乾燥時間の短縮については型枠に用いる素材の検討も含めて、液状繊維素材の水・澱粉糊比の研究も必要である。

装飾用素材によって乾燥時間に大きな差があることが分かった。また、粒が大きいほど、粒に空孔が少ないほど乾燥時間は短い。これは、粒の間のすき間が大きいこと、粒自身が吸水しないことが要因ではないかと考えられる。

今回の制作では、コンパネと曲げベニヤを用いて型枠を作成したが、曲げベニヤを使用した部分の乾燥はコンパネより早い。これはベニヤの一定方向の繊維が毛細管現象により型枠によって密閉されている部分の塗材の水分を吸い上げ、乾燥時間を早めたのではないかと考えられる。

9. まとめ

紙と澱粉糊をベースとした作品制作では、立体、平面作品共に実現可能であることが分かった。更なる効率化や高い強度および精度での制作を実現するために、今後は以下の内容を研究課題としていくことが必要であると思われる。装飾用素材の特性に合わせた液状繊維素材の混合比を「収縮幅の減少・乾燥時間の短縮・素材間の結合の強化」をキーワードとし、研究を進める必要があると思われる。また、完成後の経年変化を様々な環境下にて考察することで今後の研究の幅を広げ、具体的な問題解決を行っていく必要があると考えられる。耐火性・防カビ性・耐水性などの性能評価も重要な研究課題であると考えられる。

注

1. 質感を出すための素材を「装飾用素材」と呼ぶ。
2. 液状繊維素材と装飾用素材を混ぜたものを「塗材」と呼ぶ。
3. 技術資料研究開発委員会：左官施工法 2008, (社) 日本左官業組合連合会, 1997年10月25日
4. 株式会社エクснаレッジ: 建築知識 2003年2月号, 株式会社エクснаレッジ, 2003年2月1日