左官技能者による左官材料のワーカビリティの印象評価

左官材料のワーカビリティの評価手法に関する研究 (その3)

IMPRESSION EVALUATION OF WORKABILITY OF PLASTERING MATERIALS
EVALUATED BY PLASTERERS

Evaluation method of workability for plastering materials (Part 3)

山崎 尚志*, 橋高 義典**, 三田 紀行***

Hisashi YAMASAKI, Yoshinori KITSUTAKA and Noriyuki MITA

This paper presents the impression of the workability of plastering materials evaluated by the skilled plasterers. The sensory test using the cement mortars based on various mixture proportions was carried out in order to obtain fundamental information. The fourteen evaluation items such as viscosity, softness, and tired feeling which might be related to the workability of plastering materials were prepared for the sensory test.

As a result, it was found that the plasterers could react to the differences of mixture proportions sensitively, moreover the ease of troweling and finishability are strongly related to the workability of the plastering materials.

Keywords: *Workability, Plastering material, Cement mortar, Plasterer, Sensory test, Factor analysis*

ワーカビリティ, 左官材料, セメントモルタル, 左官, 官能検査, 因子分析

1. はじめに

今日の左官材料の多くは、既調合材料の使用により左官工事現場では水のみが混入され練り混ぜられている。しかし、その練混ぜ水量は左官作業者のワーカビリティを重視し調整される場合が多く、練りあがった材料が所定の性能を満足しない場合も考えられ、そのような問題に対して、著者らは左官材料のワーカビリティの評価手法に関するいくつかの試みを行ってきた¹⁾²⁾。

著者らの既往の実験では、左官材料のワーカビリティには材料の流動特性が影響すると考え、流動特性を評価するため傾斜羽根回転式粘度計を試作し、その基礎的特性について把握してきた。具体的には、高吸水性樹脂を水に溶解させたペンガム流体を用いて、傾斜羽根回転式粘度計における安定した測定条件を検討し、その測定条件のもと、各種セメント系材料の調合要因が流動特性に及ぼす影響を検討し、当試験装置の基礎的特性を把握した。しかし既往の実験は、あくまで傾斜羽根回転式粘度計の基礎的特性を把握したにすぎず、当試験装置により得られる流動特性値と左官材料のワーカビリティの関係は明確ではなく、両者の関係を明らかにするためには、官能検査などを実施し、左官技能者によるワーカビリティの印象評価と流動特性の対応が不可欠である。

左官材料のワーカビリティの印象評価に関する研究は、一部の研究者らによって既に行われている。例えば、大濱らは左官用鋼繊維補強モルタルのワーカビリティに関する官能検査結果について

報告している³⁾。また難波らは、セメントモルタルを中心とした左官材料を用いて官能検査を実施し、主成分分析の結果を報告している⁴⁾。伊藤らは、溶融スラグ細骨材の左官用モルタルへの適用性について検するため、左官技能者による作業性の評価を行っている⁵⁾。左官工事と同様に、床仕上工事、タイル張り工事、またはメーソンリー工事などにおいても、扱う材料のワーカビリティについて官能検査を適用した研究例もある^{6)~10)}。これらの既往の研究は、官能検査によって定量化された情報と、材料の流動特性の関係について十分に議論されていないものが多い。また本研究では、傾斜羽根回転式粘度計によるワーカビリティの評価を試みており、新たに情報を整備する必要がある。

そこで本研究でも、傾斜羽根回転式粘度計によって得られる流動特性値と左官材料のワーカビリティの関係を明らかにするため、左官技能者による左官材料のワーカビリティの印象評価に関する官能検査を実施し、本報では、官能検査によって得た左官材料のワーカビリティに関する基礎的な情報として、試料の調合要因がワーカビリティの印象評価に与える影響、各評価項目の相関性や、多変量解析の結果について報告する。

2. 検査概要

2.1 官能検査の概要

左官作業者がどのような評価基準に基づき左官材料のワーカビ

* 職業能力開発総合大学校建築システム工学科 助手

** 首都大学東京大学院都市環境科学研究科建築学域
教授・工博*** 職業能力開発総合大学校建築システム工学科
講師・博士(工学)Research Assoc., Dept. of Architectural System Eng., Polytechnic Univ.
Prof., Dept. of Architecture and Building Engineering, Graduate School of Environmental
Science, Tokyo Metropolitan Univ., Dr. Eng.

Assistant Prof., Dept. of Architectural System Eng., Polytechnic Univ., Dr. Eng.

ティーを評価しているのかを検討するため、左官作業の官能検査を行った。検査で対象とする左官材料はセメントモルタルに限定した。官能検査は、3名の一級左官技能士、および職歴3年の左官技能者1名の計4名の左官技能者により、調査を変化させたいくつかのセメントモルタルのワーカビリティを、左官ごてを用いて検査用壁面へ塗りつけながら評価するものである。検査の精度を向上するには、被験者数は多い方が好ましいが、本官能検査で対象とする左官作業は、ごく基本的な内容であるため、被験者数は4名で十分と判断した。

2.2 使用材料

本実験の使用材料を表1に示す。セメントは普通ポルトランドセメントとした。細骨材は、既往の研究²⁾を参考に、珪砂の3～7号を用いて、JASS15に基づく粒度種別B種の粒度範囲¹¹⁾となるよう粒度調整したものを使用した。増粘剤(MC)にはメチルセルロースを使用した。

検査に使用したセメントモルタルの調合は表2に示すとおり、水セメント比、および増粘剤添加量を変化させた計19種類とした。増粘剤は外割りで添加した。砂セメント比は2.5で一定とした。

検査時のセメントモルタルの練混ぜ方法は、以下の通りとした。まず、官能検査の24～48時間前に、セメント、絶乾状態の細骨材、および増粘剤を、攪拌翼を設けたポリエチレン製の円筒状密閉容器に投入し、ミル回転台により5分間攪拌した。その後、官能検査時まで気温20℃の恒温室で保管した。検査時には、最大容量50リットルのパン型ミキサーにドライミックスされた材料と、所定量の練混ぜ水を投入し練り混ぜた。練混ぜ時間は4分間とし、セメントモルタルの練混ぜ量は、各サンプルとも22リットルとした。

2.3 検査方法

2.3.1 評価項目と尺度構成

本検査は左官材料のワーカビリティを評価するものであり、検査に用いる評価項目は、左官材料のワーカビリティの評価に関連したものである必要がある。本官能検査で用いた評価項目は表3に示す14項目である。むろん、左官材料のワーカビリティと関連する評価項目は、この14項目の限りではない^{3)～5)}。しかし、被験者の疲労や検査の簡便さを考慮する上で、評価項目数は少ない方が好ましい¹²⁾。本検査で用いる評価項目は、既往の研究^{3)～5)}に用いられた評価項目や、左官技能者らにより提示された左官材料のワーカビリティを反映しうるキーワードから選定したものである。これらの評価項目は、本検査での被験者にとって常用的な用語でない場合も考えられる。従って、各評価項目について共通認識を得るため、検査の前に被験者に対し評価項目の説明を行った。一部補足すると、「サクい感じ」は、本検査では左官材料中の砂分に関する項目と説明し、砂分が少ないと感じた場合「あまい」、砂分が多いと感じた場合「からい」と表現し、一般的にはあまい材料が好まれる。また、「塗りやすさ」はワーカビリティの総合評価と説明した。各評価項目は、-3～+3の7段階の尺度にもとづき評価し、「塗りやすさ」は-4～+4の9段階の尺度構成とした。検査時は、被験者は左官作業に集中し円滑に評価が行えるよう、各被験者につき補佐員を設け補佐員が被験者に各評価項目について質問を繰り返すという手順で検査を進めた。

2.3.2 検査用下地

本官能検査に用いた下地を図1に示す。検査に使用する塗りつけ下地は幅900mm、高さ700mmとし、幅900mm、高さ1800mm、奥行き900mmの立方体の2面に設けた。左官作業の官能検査では、塗りつ

表1 使用材料

セメント(C)	普通ポルトランドセメント:密度3.16 g/cm ³ 、4週圧縮強度63.6N/mm ² プレーン値 3,300cm ² /g
珪砂3号	密度2.56g/cm ³ 、吸水率1.70%、単位容積質量1.47kg/g、実積率58.4%、粗粒率3.68
珪砂4号	密度2.57g/cm ³ 、吸水率1.41%、単位容積質量1.45kg/g、実積率57.0%、粗粒率3.00
珪砂5号	密度2.57g/cm ³ 、吸水率1.63%、単位容積質量1.45kg/g、実積率57.7%、粗粒率2.45
珪砂6号	密度2.56g/cm ³ 、吸水率1.72%、単位容積質量1.36kg/g、実積率55.3%、粗粒率1.52
珪砂7号	密度2.56g/cm ³ 、吸水率1.76%、単位容積質量1.39kg/g、実積率55.2%、粗粒率0.69
増粘剤(MC)	メチルセルロース

表2 セメントモルタルの調合および試料の提示順序

調合No.	S/C	W/C(%)	MC/C(%)	単位量(kg/m ³)				提示順序
				C	S	W	MC	
48-0	2.5	48	0.0	543	1357	260	0.0	6
48-0.2			0.2	543	1357	260	1.1	14
48-0.4			0.4	543	1357	260	2.2	17
50-0		50	0.0	537	1341	268	0.0	7
50-0.1			0.1	537	1341	268	0.5	10
50-0.2			0.2	537	1341	268	1.1	2
50-0.4			0.4	537	1341	268	2.1	9
53-0		53	0.0	528	1319	280	0.0	3
53-0.1			0.1	528	1319	280	0.5	15
53-0.2			0.2	528	1319	280	1.1	5
53-0.4			0.4	528	1319	280	2.1	13
53-0.6			0.6	528	1319	280	3.2	19
56-0		56	0.0	519	1298	291	0.0	4
56-0.1			0.1	519	1298	291	0.5	8
56-0.2			0.2	519	1298	291	1.0	11
56-0.4			0.4	519	1298	291	2.1	16
59-0		59	0.0	511	1277	301	0.0	1
59-0.2			0.2	511	1277	301	1.0	12
59-0.4			0.4	511	1277	301	2.0	18

表3 評価項目と判断範疇

評価項目	(-) 判断範疇	(+)
こてのび	のびない	のびる
やわらかさ	かたい	やわらかい
こてばなれ	離れない	離れる
粘り	粘らない	粘る
付着性	ない	ある
サクい感じ	からい	あまい
おもさ	おもし	かるい
保水性	ない	あり
だれ	だれる	だれない
腕・手首の負担	ある	ない
表面仕上げ	難しい	容易
こておさえ	きかない	きく
むらとり	難しい	容易
塗りやすさ	塗りにくい	塗りやすい

図1 検査用下地

図2 官能検査の環境

け下地はワーカビリティの評価に大きく影響するため十分な検討が必要である。大濱らは、JIS A 5524(1981年時)に規定するラスシート(板厚:0.25mm)を下地材としている³⁾。また、難波ら、伊藤らは、コンクリート下地を使用し官能検査を行っている⁴⁾⁵⁾。本官能検査で用いる下地材は、予め著者らおよび左官技能者によって検討し、セメントモルタル木ごて仕上げ下地とした。下地材に用いたセメントモルタルは、W/C=60%、S/C=3.0、MC/C=0.2%の調合のセメントモルタルをプラス下地へ塗りつけ、28日間以上散水養生し十分に硬化したものをを用いた。検査を行う際は、下地に十分含水させ固く絞った布を用いて表面に付着した水を拭き取り、下地材がいわゆる表面乾燥飽水状態となるよう調整した。下地の吸水調整はサンプルごとに補佐員が行い、サンプルごとの下地の含水状態に差が生じないように努めた。被験者は、1つのサンプルの評価が終了したら隣の壁面へ移動し、続いて次のサンプルについて評価するといった一連の作業を繰り返した。1サンプルあたりの評価に要する時間は、5分程度を目安とし、被験者の疲労を考慮し60分ごとに15分間の休憩を設けた。検査は図2に示す環境で4名同時に行った。検査の様子を写真1に示す。検査時の試料の提示順序は、表2のとおり無作為に提示した。

写真1 官能検査の様子

図3 W/Cとこてのび

図4 W/Cとやわらかさ

図5 W/Cと腕・手首の負担

図6 MC/Cとこてばなれ

図7 MC/Cと粘り

図8 MC/Cとこておさえ

3. 結果および考察

3.1 調合要因と評定値の関係

各評価項目の評定値を表4に示す。これらの評定値は4人の被験者らの評定値の平均値である。まずは、評定値とセメントモルタルの調合要因の関係を検討する。基本的には、被験者らは各種セメントモルタルの調合要因の変化を概ね捉えていたが、ここでは顕著な傾向を示したもののについてのみ図3から図8に示す。図3から図5は水セメント比の影響が著しく見られた「こてのび」、「やわらかさ」、および「腕・手首の負担」について示しており、図6から図8は増粘剤添加量の影響が著しかった「こてばなれ」、「粘り」、および「こておさえ」について示す。まず図3より、水セメント比の増加につれ「こてのび」が「のびる」と評価され、また、「腕・手首の負担」については図5より、水セメント比の増加につれ腕・手首の負担が「ない」と評価される傾向にある。これは、図4に示す水セメント比と「やわらかさ」の関係において水セメント比の増加に伴い「やわらかい」と評価

表4 各評価項目の評定値

調合No.	W/C (%)	MC/C (%)	こてのび	やわらかさ	こてばなれ	粘り	付着性	サケイ感じ	おもし	保水性	だれ	腕・手首の負担	表面仕上げ	こておさえ	むらとり	塗りやすさ
48-0	48	0.0	-3.00 (0.00)	-3.00 (0.00)	1.50 (2.06)	-2.75 (0.43)	-2.75 (0.43)	-2.50 (0.87)	-1.25 (0.83)	-2.00 (0.71)	2.75 (0.43)	-3.00 (0.00)	-0.25 (2.77)	-0.25 (2.77)	-1.25 (2.05)	-3.50 (0.50)
48-0.2		0.2	-2.00 (0.71)	-2.00 (0.71)	0.50 (1.66)	0.50 (0.87)	-1.50 (0.87)	-0.75 (0.43)	-1.25 (0.83)	0.25 (1.79)	2.25 (0.83)	-2.50 (0.50)	-0.25 (2.28)	0.00 (2.12)	2.00 (0.71)	-3.00 (1.00)
48-0.4		0.4	-1.00 (1.22)	-1.25 (1.09)	0.00 (1.22)	1.75 (1.09)	0.25 (0.83)	-1.25 (1.09)	-1.00 (0.71)	1.00 (0.71)	2.25 (0.83)	-2.00 (0.71)	-2.00 (0.71)	-1.75 (1.64)	-1.50 (0.87)	-1.75 (0.83)
50-0		0.0	-3.00 (1.09)	-2.75 (0.43)	2.00 (0.71)	-2.5 (0.50)	-2.50 (0.50)	-2.00 (1.73)	-1.50 (1.12)	-2.00 (1.00)	2.75 (0.43)	-3.00 (0.00)	-0.75 (2.28)	0.75 (2.28)	-0.75 (2.28)	-3.50 (0.50)
50-0.1	50	0.1	-1.25 (0.50)	-1.00 (1.41)	1.50 (1.12)	-1.25 (1.09)	-1.00 (0.71)	-1.25 (1.09)	-0.75 (0.43)	0.25 (1.09)	2.25 (0.83)	-1.75 (0.83)	2.00 (0.71)	1.50 (1.50)	2.00 (0.71)	-2.25 (1.92)
50-0.2		0.2	-2.50 (0.50)	-2.25 (0.43)	1.50 (1.50)	-2.00 (0.00)	-1.50 (0.50)	-1.50 (0.87)	-1.25 (1.30)	-1.25 (1.30)	2.00 (0.71)	-2.50 (0.50)	0.75 (1.64)	1.50 (0.50)	0.25 (0.83)	-2.25 (0.43)
50-0.4		0.4	-1.00 (1.22)	0.25 (1.09)	-0.75 (1.64)	2.50 (0.50)	0.00 (1.87)	0.50 (1.12)	-0.75 (0.83)	0.50 (2.06)	1.75 (0.83)	-2.75 (0.43)	-2.00 (0.71)	-1.75 (1.64)	0.50 (1.80)	-2.25 (1.48)
53-0		0.0	-1.25 (1.30)	-1.00 (1.41)	2.25 (0.43)	-2.25 (0.83)	-1.75 (0.83)	-1.75 (0.83)	-1.25 (1.30)	0.50 (1.80)	2.00 (0.71)	-2.25 (0.83)	-0.25 (0.43)	1.00 (1.22)	-0.75 (1.48)	-2.00 (0.71)
53-0.1	53	0.1	2.25 (0.43)	0.25 (0.83)	2.00 (1.22)	1.00 (0.71)	1.50 (0.87)	-0.50 (0.50)	-0.25 (0.43)	0.75 (0.83)	1.50 (1.50)	1.00 (1.22)	0.75 (2.17)	0.00 (2.12)	1.00 (1.22)	2.25 (0.43)
53-0.2		0.2	2.75 (0.43)	0.75 (0.83)	2.00 (0.83)	1.75 (1.09)	2.00 (0.00)	0.25 (1.09)	0.50 (0.87)	0.25 (0.43)	0.25 (1.79)	1.50 (1.50)	-1.25 (0.43)	-1.25 (1.48)	2.25 (2.06)	2.25 (1.09)
53-0.4		0.4	1.25 (1.30)	0.50 (1.12)	-1.75 (0.83)	2.25 (0.43)	0.50 (1.66)	0.50 (1.12)	-1.00 (0.71)	2.00 (0.71)	0.50 (2.06)	-1.50 (0.50)	-2.25 (0.43)	-2.25 (0.43)	-2.25 (0.43)	-0.75 (1.30)
53-0.6		0.6	1.75 (1.09)	1.25 (1.30)	-2.5 (0.50)	2.50 (0.50)	1.00 (1.22)	0.75 (0.83)	-0.75 (0.83)	2.75 (0.43)	1.25 (1.48)	-0.50 (2.06)	-2.75 (0.43)	-2.75 (0.43)	-2.75 (0.43)	-1.75 (0.83)
56-0	56	0.0	-0.75 (1.79)	0.50 (1.12)	2.25 (0.43)	-1.75 (0.43)	0.25 (1.79)	-0.25 (1.79)	-0.50 (1.12)	1.00 (1.73)	2.50 (0.87)	-0.75 (1.79)	1.25 (0.43)	0.50 (1.50)	1.00 (1.22)	-0.75 (1.79)
56-0.1		0.1	2.50 (0.50)	0.25 (0.43)	1.50 (1.50)	1.75 (1.09)	2.50 (0.50)	0.75 (0.83)	0.50 (0.50)	2.25 (0.43)	1.50 (2.06)	2.00 (0.71)	0.00 (1.58)	0.00 (1.58)	0.50 (2.06)	2.25 (0.43)
56-0.2		0.2	3.00 (0.00)	1.75 (1.30)	-0.75 (1.09)	0.75 (0.43)	2.00 (0.71)	1.00 (1.58)	0.00 (0.71)	1.50 (0.50)	-0.75 (1.79)	1.75 (0.83)	-2.00 (0.71)	-2.00 (0.71)	-1.50 (1.50)	0.75 (1.79)
56-0.4		0.4	2.25 (0.83)	1.50 (1.12)	-1.75 (0.83)	2.50 (0.50)	1.00 (1.41)	0.75 (1.48)	-0.25 (0.83)	2.50 (0.50)	0.00 (2.12)	0.25 (1.30)	-2.50 (0.50)	-2.50 (0.50)	-2.50 (0.50)	-1.50 (0.87)
59-0	59	0.0	-0.50 (0.87)	-0.50 (0.87)	2.00 (0.71)	-0.50 (1.12)	1.50 (1.66)	-0.50 (0.87)	0.25 (2.38)	0.75 (1.30)	2.00 (1.22)	-0.25 (1.92)	-0.25 (1.30)	1.25 (0.83)	0.00 (1.22)	0.25 (0.43)
59-0.2		0.2	2.75 (0.43)	2.50 (0.50)	-1.00 (1.87)	1.25 (1.48)	2.00 (0.71)	1.00 (0.71)	0.75 (1.30)	2.50 (0.50)	-1.50 (0.87)	1.50 (1.50)	-2.50 (0.87)	-2.50 (0.87)	-2.50 (0.87)	0.50 (2.18)
59-0.4		0.4	2.00 (0.71)	1.50 (0.50)	-0.75 (1.09)	1.25 (1.48)	1.75 (0.83)	0.50 (1.12)	1.00 (0.71)	2.25 (0.83)	-0.25 (2.77)	1.50 (1.50)	-2.50 (0.50)	-2.75 (0.43)	-2.50 (0.50)	-0.50 (1.80)

注) ()内の数字は評定値の標準標準偏差を示す

されていることから、水セメント比の増加につれセメントモルタルの軟度がやわらかくなり、材料の可塑性が増したためと考えられる。一方、増粘剤添加量の影響は、図6より、増粘剤添加量の増加につれ、「こてばなれ」が"離れない"と評価され、また図8より、「こておさえ」が"きかない"と評価されている。これは、図7の増粘剤添加量と「粘り」の関係からもわかるとおり、増粘剤添加量が増すにつれ"粘る"と評価されていることから、増粘剤添加量の増加により材料の粘性が増し、左官ごとに付着しやすくなったためと考えられる。

3.2 評価項目の相関分析

ここでは、官能検査に用いた14種類の評価項目の相関性を検討する。検査に用いた評価項目のうち、「粘り」および「やわらかさ」は、材料の流動特性を評価したものといえる。一方、他の評価項目は、左官作業時の塗りつけ作業に基づき、左官作業に特化した表現といえる。よってここでは、前者の評価項目を「流動特性評価項目」、後者の評価項目を「左官作業評価項目」と称し検討を進める。なお、「塗りやすさ」はワーカビリティの総合評価であるためこれらの項目から除外した。

各評価項目間の単相関係数の一覧を表5に示す。左官作業評価項目のうち「むらとり」を除く全ての評価項目は、流動特性評価項目の「やわらかさ」あるいは「粘り」との相関性が、危険率1%で有意であることが確認できる。

左官作業評価項目のうち、「こてのび」、「付着性」、「サクい感じ」、「おもさ」、「保水性」、「だれ」および「腕・手首の負担」は、流動特性評価項目の「やわらかさ」との単相関係数は、「粘り」との単相関係数に比べ比較的高い値を示しており、「やわらかさ」と強い相関関係にあることが推察できる。一方、左官作業評価項目のうち「こてばなれ」、「表面仕上げ」、および「こておさえ」は、流動特性評価項目のうち「粘り」との相関性が認められる。「むらとり」については、「粘り」および「やわらかさ」との相関はやや弱い、「こてばなれ」、「表面仕上げ」、「こておさえ」との相関性が認められる。

左官材料のワーカビリティの評価には、本官能検査で用いた評価項目のような複数の要素が含まれていると考えられるが、それらを総合的に判断し左官材料のワーカビリティを評価する場合、本官能検査で用いた「塗りやすさ」の評価は有効な判断材料となり得

る。従って次に、各評価項目と「塗りやすさ」の相関性について考察する。各評価項目と「塗りやすさ」の関係を図9に示す。流動特性評価項目の「やわらかさ」と強い相関を示した「こてのび」、「付着性」、「おもさ」および「腕・手首の負担」は、「塗りやすさ」との単相関係数が0.77～0.86を示し「塗りやすさ」と強い相関性が認められる。一方、流動特性評価項目の「やわらかさ」および「粘り」は「塗りやすさ」との単相関係数はそれぞれ0.61および0.40であり、相関が強いとはいえない。単相関係数のみで「やわらかさ」と「塗りやすさ」の関係を考察すると、材料が軟らかいほど塗りやすいと解釈できるが、「やわらかさ」と「だれ」の単相関係数が-0.85を示している点を踏まえると、材料が軟らかすぎた場合「だれ」が生じることが推察できる。また、図9の「やわらかさ」と「塗りやすさ」の関係を示すグラフ中の破線で示すように、「やわらかさ」の評定値が0点から+1点において「塗りやすさ」の評定値が最も高い値を示すことを考慮すると「やわらかさ」には、特定の適正範囲の存在が伺える。また、「やわらかさ」の評定値が0点から+1点であっても「塗りやすさ」の評定値が低いものもあり、「塗りやすさ」は、単に「やわらかさ」のみによって評価できないことがわかる。「粘り」と「塗りやすさ」の相関性がやや弱い理由も同様であり、「こてばなれ」、「こておさえ」、および「表面仕上げ」が「粘り」と相関性が高いことを踏まえると、材料が粘りすぎた場合「こてばなれ」が離れにくくなること、「表面仕上げ」が難しくなることや「こておさえ」がききにくくなると判断できる。また、「粘り」と「塗りやすさ」の単相関係数は0.40と低く、「粘り」のみによって「塗りやすさ」を評価できないことがわかる。以上より、「塗りやすさ」は、流動特性評価項目の「やわらかさ」との単相間、あるいは「粘り」との単相間のみによって説明することは難しいといえる。

図10は、流動特性評価項目の「やわらかさ」と「粘り」、そしてワーカビリティの総合評価の「塗りやすさ」の評定値の関係を示したものである。「塗りやすさ」の評定値が高い材料は、図中の塗りつぶし部で示すように、「やわらかさ」と「粘り」の関係を示す座標において、特定の範囲に集中して散布されている様子が確認でき、「やわらかさ」と「粘り」には"塗りやすい"と判断される適度なバランスが存在していると考えられる。また総じてみると、「やわらかさ」と「粘り」の関係を示す座標において、塗りつぶし部分か

表5 各評価項目の相関表

	こてのび	やわらかさ	こてばなれ	粘り	付着性	サクい感じ	おもさ	保水性	だれ	腕・手首の負担	表面仕上げ	こておさえ	むらとり	塗りやすさ
こてのび	1.00	0.90 **	-0.51 *	0.73 **	0.92 **	0.86 **	0.79 **	0.88 **	-0.83 **	0.92 **	-0.48 *	-0.64 **	-0.42	0.78 **
のびない-のびる	—	1.00	-0.61 **	0.69 **	0.86 **	0.92 **	0.75 **	0.90 **	-0.85 **	0.80 **	-0.54 *	-0.70 **	-0.46 *	0.61 **
やわらかさ	—	—	1.00	-0.77 **	-0.39	-0.68 **	-0.20	-0.62 **	0.65 **	-0.23	0.86 **	0.91 **	0.69 **	0.05
かたい-やわらかい	—	—	—	1.00	0.72 **	0.82 **	0.46 *	0.80 **	-0.58 **	0.50 *	-0.68 **	-0.78 **	-0.36	0.40
こてばなれ	—	—	—	—	1.00	0.86 **	0.87 **	0.85 **	-0.71 **	0.91 **	-0.39	-0.53 *	-0.28	0.83 **
離れない-離れる	—	—	—	—	—	1.00	0.69 **	0.88 **	-0.78 **	0.74 **	-0.57 **	-0.70 **	-0.36	0.56 *
粘り	—	—	—	—	—	—	1.00	0.69 **	-0.70 **	0.91 **	-0.28	-0.39	-0.24	0.77 **
粘らない-粘る	—	—	—	—	—	—	—	1.00	-0.72 **	0.75 **	-0.54 *	-0.67 **	-0.42	0.60 **
付着性	—	—	—	—	—	—	—	—	1.00	-0.74 **	0.65 **	0.72 **	0.60 **	-0.49 *
ない-ある	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.00	-0.26	-0.41	-0.27	0.86 **
サクい感じ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.00	0.91 **	0.84 **	0.07
からい-あまい	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.00	0.75 **	-0.10
おもさ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.00	0.08
おもい-かるい	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.00
保水性	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.00
ない-あり	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.00
だれ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.00
だれる-だれない	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.00
腕・手首の負担	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.00
ある-ない	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.00
表面仕上げ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.00
難しい-容易	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.00
こておさえ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.00
きかない-きく	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.00
むらとり	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.00
難しい-容易	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.00
塗りやすさ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.00
塗りにくい-塗りやすい	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.00

*危険率5%で有意 **危険率1%で有意

ら距離が離れるにつれ「塗りやすさ」の評定値が減少していく傾向がある。以上より、「やわらかさ」および「粘り」の両者のバランスが適切な場合、左官材料のワーカビリティは向上すると判断できる。

3.3 多変量解析による分析

ここでは、評価項目間の関係をより具体的に把握するため、総合評価である「塗りやすさ」を除いた評価項目の評定値をもとに因子分析を行った。因子分析はOsgoodらによって発展したSD法¹²⁾において潜在因子の抽出によく用いられるが、本官能検査においても十分有効な手法と判断した。因子負荷量の推定には主因子法を用いた。

因子分析の結果を表6に示す。表6には、バリマックス法による因子軸回転後の因子負荷量を示す。因子分析の結果、2つの潜在因子を抽出でき、各因子ともに固有値は1.0以上であり、累積寄与率は80%以上を示した。第一因子は、「腕・手首の負担」、「付着性」、「こてのび」、「おもさ」、「やわらかさ」、「保水性」、「サクい感じ」、および「だれ」が属しており、主に、左官作業時において材料を壁

面へ塗りつける時に評価される項目と解釈でき、因子名を「塗りつけ性」とした。第一因子には、流動特性評価項目である「やわらかさ」が属し、その他の評価項目も前節の相関分析において、「やわらかさ」と相関性を示した評価項目と一致している。一方、第二因子には、「表面仕上げ」、「こてばなれ」、「こておさえ」、「むらとり」、および「粘り」が属し、主に、左官作業時において材料を壁面へ塗りつけたのち、塗りつけた材料の表面を平滑に仕上げる時に評価される項目と解釈し、因子名を「仕上げ性」とした。第二因子には流動特性評価項目の「粘り」が属し、他の評価項目のうち「むらとり」を除いた他の3つの評価項目は、前節での相関分析において「粘り」と相関性が強かった評価項目と一致している。

以上の因子分析結果に加え、前節での相関分析の結果も考慮すると、本官能検査に用いた評価項目には、第一因子と第二因子の2つの潜在因子が存在し、「やわらかさ」の影響を受けやすい第一因子に属するものと、「粘り」の影響を受けやすい第二因子に属するものに大別できる。最後に、これらの潜在因子が左官材料のワーカビリ

図9 各評価項目と「塗りやすさ」の関係

ティーの評価にどの程度影響しているのかを検討するため、各因子の因子得点を説明変数、ワーカビリティの総合評価である「塗りやすさ」の評定値を目的変数とし重回帰分析を行った。

重回帰分析の結果は表7に示すとおりである。表7より、決定係数は0.84、重相関係数は0.92であり、第一因子および第二因子の因子得点により、「塗りやすさ」をよく説明できている。第一因子の標準偏回帰係数は0.90、第二因子の標準偏回帰係数は0.16であり、本検査結果では左官材料のワーカビリティの評価には、基本的には第一因子の影響が大きく、第二因子の影響は比較的小さいことがわかる。

図 10 「やわらかさ」、「粘り」と「塗りやすさ」の関係

表6 因子分析結果

	第一因子	第二因子
腕・手首の負担	0.957	-0.074
付着性	0.944	-0.219
こてのび	0.901	-0.357
おもさ	0.882	-0.074
やわらかさ	0.829	-0.454
保水性	0.786	-0.462
サクい感じ	0.786	-0.490
だれ	-0.680	0.539
表面仕上げ	-0.178	0.938
こてばなれ	-0.212	0.929
こておさえ	-0.349	0.910
むらとり	-0.145	0.740
粘り	0.545	-0.613
固有値	6.3	4.6
寄与率(%)	48.5	35.6
累積寄与率(%)	48.5	84.1
因子名	塗りつけ性	仕上げ性

表7 重回帰分析結果

説明変数名	偏回帰係数	標準偏回帰係数	t値	決定係数	重相関係数
第一因子	1.67	0.90	8.92	0.84	0.92
第二因子	0.26	0.16	1.58		
定数項	-0.82	—	-4.52		

4. まとめ

本報では、左官技能者らによる左官材料のワーカビリティの印象評価に関する基礎データを得ること目的とし、官能検査を行いその結果を報告した。得られた知見を以下にまとめる。

1) 左官技能者らは、調査要因である水セメント比および増粘剤添加量の変化による流動特性の違いを感覚的にとらえ、水セメント比は

主に、「こてのび」、「やわらかさ」、および「腕・手首の負担」の評価に影響し、増粘剤添加量は「こてばなれ」、「粘り」、および「こておさえ」の評価に影響する。

2) 左官材料のワーカビリティの総合評価である「塗りやすさ」は流動特性評価項目の「やわらかさ」との単相間、あるいは「粘り」との単相間によって説明することは難しい。

3) 官能検査で用いた評価項目の評定値による因子分析の結果、「塗りつけ性」および「仕上げ性」と解釈できる2つの潜在因子を抽出し、「塗りつけ性」は「やわらかさ」の影響を受ける評価項目が属し、「仕上げ性」は「粘り」の影響を受ける評価項目が属する。

今後の展望

本報では、左官材料のワーカビリティの総合評価と定義した「塗りやすさ」の評価に、材料の「やわらかさ」と「粘り」が複合的に影響し、両者には適度なバランスが存在していることが見受けられた。今後は、「やわらかさ」と「粘り」を特定の物性値により評価し、物性値と印象評価の関係を明らかにする。

謝辞

官能検査を行うにあたり、多大なるご支援を賜った日本左官業組合連合会会長 守屋清氏、また、官能検査に関しご指導を賜った日本左官業組合連合会理事 鈴木光氏ならびに官能検査被験者としてご協力いただいた、大久保氏、西野氏、諸岡氏、鈴木氏および補佐員として協力いただいた学生諸君に深く感謝する。また、本研究についてご指導を賜った大澤清八先生、田村雅紀先生、松沢晃一先生に謝意を表す。

参考文献

- 1) 山崎尚志, 橋高義典, 三田紀行: 傾斜羽根回転式粘度計の基礎的特性 左官材料のワーカビリティの評価手法に関する研究(その1), 日本建築学会構造系論文集, 第632号, pp.1707-1711, 2008.10
- 2) 山崎尚志, 橋高義典, 三田紀行: 傾斜羽根回転式粘度計によるセメントモルタルのフレッシュ性状の評価 左官材料のワーカビリティの評価手法に関する研究(その2), 日本建築学会構造系論文集, 第645号, pp.1929-1934, 2009.11
- 3) 大濱嘉彦, 菅原鉄治, 小玉陽彦: 左官用網繊維補強モルタルの作業性, 第3回コンクリート工学年次講演会講演論文集, pp.213-216, 1974.10
- 4) 難波蓮太郎, 鈴木慶一: 左官工事における作業性能に関する研究 その11 (左官技能者の定性的材料識別評価の主成分分析結果と斜目加力レオメーターで得られた結果間の関連性), 日本建築学会大会学術講演梗概集A-1, pp.599-600, 1987.10
- 5) 伊藤学, 他8名: 熔融スラグ細骨材の左官用モルタルへの適用に関する基礎的研究 その6 熔融スラグ細骨材を用いたモルタルの作業性の検討, 日本建築学会大会学術講演梗概集(九州)A-1, pp.681-682, 2007.8
- 6) 本田悟, 椎葉大和: 高流動コンクリートの床仕上げ作業性に関する研究, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.19, No.1, pp.127-132, 1997
- 7) 久保田憲一, ほか4名: 特殊軽量モルタルを用いたタイル直張り工法の開発 その5 施工実験, 日本建築学会大会学術講演梗概集A-1, pp.1057-1058, 1999.8
- 8) 佐々木靖, ほか6名: 外装タイル仕上げ用下地モルタルに関する研究(その1 四半モルタルの鍍塗作業性), 日本建築学会学術講演梗概集(近畿)A-1, pp.845-846, 1996.9
- 9) Roel Hendrickx: The adequate measurement of the workability of masonry mortar, PhD thesis, Katholieke Universiteit Leuven, pp.67-91, 2009.10
- 10) Helmut Strasser, Baoqiu Wang, Adolf Hoffmann: Electromyographic and subjective evaluation of hand tools: The example of masons' trowels, International Journal of Industrial Ergonomics, Vol.18, pp91-106, 1996
- 11) 日本建築学会: 建築工事標準仕様書・同解説 JASS15, pp.6-7, 2007.6
- 12) 岩下豊彦: SD法によるイメージの測定, 川島書店, 1983.1

(2009年11月5日原稿受理, 2009年12月22日採用決定)