建築石材仕上げの視覚的評価に及ぼす表面性状の影響に関する研究

その2 砂岩の表面形状が視覚的評価に及ぼす影響

EFFECT OF SURFACE PROPERTIES ON THE VISUAL EVALUATION
OF BUILDING STONE FINISHING

Part 2 Influence of surface shape on visual evaluation of natural sandstone

土屋 潤*, 橘高義典**, 田村雅紀***

Jun TSUCHIYA, Yoshinori KITSUTAKA and Masaki TAMURA

In this paper, the effect of surface properties on the visual evaluation of building stone finishing was investigated. The factors affecting the visual evaluation such as unevenness, roughness, gloss, brightness, naturalness, comfort, feature and complexity of sandstone surface were analyzed by performing the sensory test using the various sandstone specimen which were changing the sandstone type, surface finishing method and surface shape. It is cleared that the surface color and the surface roughness of the specimen highly affects to visual evaluation of sandstone finishing. Ra value related to the feeling of unevenness, visual surface roughness, the feeling of complexity.

Keywords : stone finishing, sandstone, surface properties, visual evaluation, sensory test

石材仕上げ, 砂岩, 表面性状, 視覚的評価, 官能検査

1. はじめに

近年, 意匠性や耐久性の観点から, 使用される頻度が増加している建築仕上材料に, 石材があげられる。しかし建築石材の視覚的特徴に関しては研究例が少なく, 長期的な使用も含めた, 建築石材仕上表面の視覚的評価に影響する要因に関する分析データも少ないのが現状である。そこで本研究は設計者等が石材を選定するための一助となる資料を得ることを最終目的とする。前報¹⁾では石材の視覚的評価に影響を及ぼす要因の抽出を目的とし, 各種石材を用いた官能検査を行った結果, 印象評価に影響を及ぼす要因として, 石材種類, 表面仕上げ, 表面色, 鉱物による模様などが抽出された。特に凹凸感, つや感, 自然感等の評価項目に関しては, 仕上げ方法による表面性状の違いが評価に影響を及ぼす大きな要因であることが明らかとなった。

本報告では, 評価対象である石材を鉱物による模様が少なく光沢の得にくい砂岩に絞り, 主に表面凹凸仕上げの異なる試料を作成し, その印象について官能検査により定量化し, その特徴及び評価に影響を及ぼす要因の把握を目的として検討を行った。

2. 砂岩の印象に関する検査

2.1 概要

石材の印象に影響を及ぼす要因を把握するために, 種類および仕上げの異なる数種類の砂岩を用いて石材の印象に重要と考えられる評価項目について官能検査を行った。また比較のために表面性状の物理

量として, 表面粗さ, 表面色を測定し, 評価値との関係を考察した。なお材料の印象を左右する要素である観察条件に関しては, 実験室内での一定照明条件下とした。

2.2 試料作製

試料は実際の石材を材料レベルで評価するため寸法 300×300mm, 厚さ 20mm に切断したものをを用いた。また鉱物による光沢や模様の影響を極力減らし, 主に表面形状の影響を考察するために, 石材種の中から砂岩で, 表1に示す国内外で産出される表面色や質感が異なる5種類を選定した。砂岩は鉱物による極端な光沢がなく, 模様も少ない。しかし天然材料であり, 均質ではなく, 確認できる微細な鉱物による模様が質感の違いとなっていると考えられる。これらの砂岩に表2に示す打部径の異なるハンマービションを用い, 打数を変え, パターンを変化させた叩き仕上げと, ダイヤモンド砥石とツヤバフにより研磨回数を変化させた平滑仕上げを人力により施し, 37 試料を作成し検査に供した。

2.3 表面性状の計測

表面粗さに関しては, レーザー変位計 (KEYENCE LK-030, 測定精度 1 μ m) により, 縦, 横方向 50mm 間隔, 測定長 200mm, 計 10 本の粗さ曲線を測定し, それぞれの粗さ曲線の, 平均線からの偏差の絶対値の平均である表面粗さ Ra (μ m) を算出し, それらを平均した。試料の表面色に関しては, 画像解析手法²⁾により, 試料表面の色彩 10

* 東京都立大学大学院工学研究科建築学専攻 修士(工学)

** 東京都立大学大学院工学研究科建築学専攻 教授・工博

*** 東京都立大学大学院工学研究科建築学専攻
助手・博士(工学)

Graduate Student, Dept. of Architecture, Graduate School of Eng., Tokyo Metropolitan Univ., M. Eng.

Prof., Dept. of Architecture, Graduate School of Eng., Tokyo Metropolitan Univ., Dr. Eng.

Research Assoc., Dept. of Architecture, Graduate School of Eng., Tokyo Metropolitan Univ., Dr. Eng.

箇所(2mm×2mm)を計測し平均した。

2.4 官能検査方法

表3に官能検査に用いた37種の砂岩試料の水準と表面性状の測定結果を示す。

被験者は通常視力の成人23名(20歳代男性10名・女性13名)とし、実験条件は既往の研究²⁾を参考とした。被験者の年齢差の及ぼす影響も考えられるが、今後の検討事項とし、今回は年齢層とした。

本学実験室内に図1に示す暗室を設置し、試料は周辺部を隠したマスクで200×200mmが観察できる試料枠で固定し、垂直に設置し、被験者の前方に約400mm離して呈示した。また凹凸の評価には照射光が重要な影響要因であることが明らかにされているが³⁾、本研究では一条件に絞って色比較検査用D65蛍光灯を用い、光源中心から試料中心の角度を30°とし、凹凸による陰影模様が生じ、机上は500lx以上になるように設定した。

評価項目は、前報での石材の印象に関する予備的な調査より石材の印象を表す形容詞として多く抽出された表面の凹凸、目の粗さ、つや、明るさ、自然感、心地よさとし、さらに今回、表面の凹凸が影響を及ぼすと考えられる特色感、複雑さを加え、8項目を評価項目とした。表4に示す8項目について5段階の判断範疇で評価してもらい、系列範疇法による尺度構成理論により定量化した。共通尺度は範疇1～5に対し2～2.5の範囲であり、標準偏差は0.23～1.23であった。また求められた評価項目ごとの各尺度値の標準偏差は0.85～0.95の範囲であった。さらに、共通尺度の標準偏差が2となるように各尺度値を変換した。

3. 結果及び考察

3.1 砂岩試料の評価値

図2に官能検査より得られた各試料の評価値を示す。各評価値と砂岩試料の仕上げ状態との関係は以下のとおりである。

(1) 凹凸感

仕上げ回数0と、研磨仕上げの試料は凹凸がなく、叩き仕上げの試料に関しては凹凸があると評価され、叩き回数が増える凹凸があると評価される度合いも高くなる傾向が見られた。

(2) 目の粗さ感

凹凸感と似た傾向を示すが、砂岩2、砂岩3、砂岩5は叩き回数0.9、1.8が細かいと評価され、砂岩1と砂岩4に関しては、平滑な試料以外は目が粗いと評価された。これは、砂岩種類ごとの表面の微細な鉱物による模様が影響しているためと考えられる。

(3) つや感

全試料がつやがないと評価されている。光沢のある砂岩1Eもつやがないと評価された。研磨回数が増すに従い、つやがない度合いが高くなり、今回使用した砂岩は研磨仕上げによる、つやの効果が少ない。また砂岩2、砂岩3は叩き回数が増すとつやがないと評価されたが、砂岩1、砂岩4、砂岩5は叩き回数との関係が不明確であった。

(4) 明暗感

仕上げの凹凸よりも砂岩種類による表面色の違いの影響が大きい。最も明るいと評価されたのは、明度の最も高い砂岩5で、次いで砂岩2、砂岩3であり、これらの試料は明暗感と明度との対応が見られた。

(5) 自然感

全体的に人工的であると評価された。試料の仕上げは、平滑、凹凸ともに意図的に施されたためと考えられる。人工的である度合いは打部

表1 検査に用いた砂岩の種類

石材種	砂岩1	砂岩2	砂岩3	砂岩4	砂岩5
名称	諫早石	諫早石	諫早石	レッド サンドストーン	ホワイト サンドストーン
産地	日本	日本	日本	インド	インド
表面色	黄みのある 灰色	黄土色	青緑がか った灰色	赤茶色	白っぽい 黄土色
模様	無	微細な茶 色の斑点	無	稀に薄茶 色のスジ	非常に微 細な斑点

表2 砂岩表面仕上げの種類

試料名	砂1A-40	砂1B-40	砂1D-40	砂1E-40
仕上 方法	A. 打部 径 2.5mm のハン マーによる 叩き仕上げ	B. 打部 径 7.5mm のハン マーによる 叩き仕上げ	D. ダイヤモンド 砥 石で研磨した 平滑仕上げ	E. 700番で研 磨した光沢の ある平滑仕上げ
試料 画像				

表3 検査に用いた砂岩試料の水準と表面性状の測定結果

試料名	仕上げ				特徴	色相値	測定値 表面粗さRa(μm)
	記号	打部径(mm)	叩き回数(回/cm ²)	研磨回数(回)			
砂1-0	—	—	0.091	—	平滑	5Y7/0.5	12
砂1A-10	A	2.5	0.9	—	凹凸		122
砂1A-20	A	2.5	1.8	—	凹凸		312
砂1A-30	A	2.5	2.7	—	凹凸		387
砂1A-40	A	2.5	3.6	—	凹凸		406
砂1B-10	B	7.5	0.9	—	凹凸		163
砂1B-20	B	7.5	1.8	—	凹凸		243
砂1B-30	B	7.5	2.7	—	凹凸		539
砂1B-40	B	7.5	3.6	—	凹凸		536
砂1D-10	D	—	—	ダイヤモンド 砥石	平滑		23
砂1D-20	D	—	—	ダイヤモンド 砥石	平滑	2.5Y7/2	26
砂1D-30	D	—	—	ダイヤモンド 砥石	平滑		26
砂1D-40	D	—	—	ダイヤモンド 砥石	平滑		28
砂1E-10	E	—	—	700番	平滑・光沢		21
砂1E-20	E	—	—	700番	平滑・光沢		10
砂1E-30	E	—	—	700番	平滑・光沢		16
砂1E-40	E	—	—	700番	平滑・光沢		31
砂2-0	—	—	0.091	—	平滑	5Y7/0.5	17
砂2A-10	A	2.5	0.9	—	凹凸		111
砂2A-20	A	2.5	1.8	—	凹凸		199
砂2A-30	A	2.5	2.7	—	凹凸		241
砂2A-40	A	2.5	3.6	—	凹凸		340
砂3-0	—	—	0.091	—	平滑	5GY7/0.5	27
砂3A-10	A	2.5	0.9	—	凹凸		89
砂3A-20	A	2.5	1.8	—	凹凸		158
砂3A-30	A	2.5	2.7	—	凹凸		213
砂3A-40	A	2.5	3.6	—	凹凸		288
砂4-0	—	—	0.091	—	平滑	10R5/3	8
砂4A-10	A	2.5	0.9	—	凹凸		218
砂4A-20	A	2.5	1.8	—	凹凸		344
砂4A-30	A	2.5	2.7	—	凹凸		430
砂4A-40	A	2.5	3.6	—	凹凸		435
砂5-0	—	—	0.091	—	平滑	5YR7.5/1	17
砂5A-10	A	2.5	0.9	—	凹凸		117
砂5A-20	A	2.5	1.8	—	凹凸		184
砂5A-30	A	2.5	2.7	—	凹凸		205
砂5A-40	A	2.5	3.6	—	凹凸		277

※1) 一般の粗磨り仕上げのみの状態を仕上げ回数0と設定した

表4 評価項目と判断範疇

評価項目	判断範疇
凹凸感	凹凸がない—凹凸がある
目の粗さ感	細かい—粗い
つや感	つやがある—つやがない
明暗感	暗い—明るい
自然感	人工的な—自然な
心地よさ	不快—心地よい
特色感	平凡な—特色ある
複雑さ	単純な—複雑な

図1 官能検査用暗室の概要 (mm)

径 7.5mm の砂岩 1B が高いが、叩き回数との関係は不明確であった。

(6) 心地よさ

平滑な試料は心地よいと評価される傾向があり、叩き回数が多いと不快であると評価されるものもある。不快感が高い試料に砂岩 1B、砂岩 3A、砂岩 4A があるが、叩き回数ごとの評価は異なり、全体的に不快感と表面凹凸とは明確な関係がない。

(1)凹凸感

(2)目の粗さ感

(3)つや感

(4)明暗感

(5)自然感

(6)心地よさ

(7)特色感

(8)複雑さ

図2 砂岩試料の評価値

(7) 特色感

砂岩種類と叩き回数による影響が見られた。砂岩 1 では、打部径 7.5mm の B は特色があり、平滑な D、E は平凡であると評価された。また、赤茶色の砂岩 4 と、黄白色の砂岩 5 は全試料が特色があると評価され、表面色が影響しているといえる。砂岩 1A、砂岩 3A は叩き回数が増すほど特色があると評価され、特色感に影響を及ぼしていた。

図 3-1 目の粗さ感と各評価項目の関係

(8) 複雑さ

叩き回数が2.7, 3.6の試料は複雑であるとされ、平滑な試料は平凡であると評価される傾向がある。打部径の大きい砂岩 1B は複雑であると評価された。また砂岩 4 では、他の種類よりも複雑であると評価される傾向が強い。これは、砂岩種類ごとの特徴的な表面色や鉱物による模様の違いが影響しているためと考えられる。

3.2 各評価項目間の関係

図 3-1 に目の粗さ感と各評価項目の関係、図 3-2 に心地よさと各評価項目の関係、表 5 に各評価項目間の相関係数を示す。本研究では目の粗さ感、心地よさと各評価項目との関係を分析した。この理由は、前報の考察で各評価項目間の相関が高い項目として凹凸感、目の粗さ感、つや感などがあげられ、これらの中で、特に目の粗さ感は石材

図 3-2 心地よさと各評価項目の関係

表 5 各評価項目間の相関係数

	凹凸感	目の粗さ感	つや感	明暗感	自然感	心地よさ	特色感	複雑さ
凹凸感	1.00	0.91**	-0.83**	0.13	-0.31*	-0.76**	0.79**	0.89**
目の粗さ感	—	1.00	-0.89**	-0.1	-0.26	-0.79**	0.79**	0.88**
つや感	—	—	1.00	0.24	0.09	0.81**	-0.73**	-0.82**
明暗感	—	—	—	1.00	0.21	0.25	0.16	0.15
自然感	—	—	—	—	1.00	0.47**	-0.12	-0.11
心地よさ	—	—	—	—	—	1.00	-0.77**	-0.75**
特色感	—	—	—	—	—	—	1.00	0.95**
複雑さ	—	—	—	—	—	—	—	1.00

** 危険率1%で有意 * 危険率5%で有意

表面の粗さを評価する一般的な形容詞と考えられたため、また、心地よさについては、実際の建築物の要素となる材料の評価に重要な項目であると考えたためである。

(1) 目の粗さ感と各評価項目の関係

凹凸感は、目の粗さ感と相関がある。粗く、凹凸があると評価されたのは叩き回数 2.7, 3.6 の試料が多く、細かく凹凸がないと評価されたのは平滑な研磨仕上げの試料であった。また、粗く凹凸がないと評価されたのは砂 5A-10, 砂 2A-20, 砂 3A-20, 細かく凹凸があると評価された試料はなかった。

つや感は全体としてつやがないと評価されたが、その中で目の粗さとはよい相関がある。

明暗感は目の粗さ感との相関は低い。粗さが大きくなると、陰影が

でき、暗いと評価されると考えられるが、その傾向はなく、砂岩種類による評価の違いが確認された。自然感、目の粗さ感との関係は明確ではなく、全体的に人工的であるとの評価に偏っている。

心地よさは、目の粗さ感と相関があり、粗さ感が増すと不快であり、細かいと心地よいと評価される傾向が見られた。

特色感は、目の粗さ感と相関がある。目が粗いと特色があり、細かいと平凡であると評価される傾向がある。目が細かいが特色があると評価されたのは砂 2A-10、砂 2A-20、砂 3A-10、砂 4A-10、砂 5A-0、砂 5A-10 であり、目が粗いが平凡であると評価されたのは砂 5A-40 であった。これらの試料の特徴は表面の鉱物による模様の有無である。

複雑さに関しても、目の粗さ感と相関があり、目が粗いと複雑であり、細かいと単純であると評価される傾向がある。目が細かいが複雑と評価されたのは砂 2A-10 と砂 5A-10 であった。この 2 試料は表面に確認される鉱物が微細であり、目が細かいとの評価に影響している。

(2) 心地よさに影響を及ぼす各評価項目との関係

凹凸感、心地よさとの相関が高い。凹凸があると不快であり、凹凸がないと心地よいと評価される傾向が見られ、特に砂岩 4A では、凹凸が大きくなると不快感が高くなる傾向が見られた。

つや感、全体的につやがないとの評価に偏っているが、心地よさとの関係では、つや感が低くなるほど不快感が増す傾向が見られた。

明暗感、心地よさとの関係が明確ではない。砂岩種類の表面色の違いによる明暗の差と、仕上回数の要因が相互に影響を及ぼしている。

自然感、心地よさとの相関は見られない。

特色感、心地よさに及ぼす影響は大きい。特色があるほど不快であり、平凡であるほど心地よいと評価される傾向がある。平凡であり、最も心地よいのは砂 2A-0、不快と評価されたのは砂 1E-40 であった。

複雑さに関しても、心地よさに及ぼす影響は大きく、複雑であるほど不快であり、単純であるほど心地よいと評価される傾向が見られた。単純で心地よいのは砂 2A-0、不快と評価されたのは砂 1E-40、砂 4A-0 であった。砂 5A-0 は単純でも複雑でもなく心地よいと評価された。

3.3 表面粗さと感覚量との関係

図 4 に、表面粗さ R_a と各評価値との関係を示す。凹凸感、目の粗さ感、つや感、複雑さに関しては、表面粗さ R_a が及ぼす影響は大きい。ただし R_a 値が大きくなると評価値は一定になる傾向がある。

砂岩 4A は R_a 値が砂岩 1B よりも小さいが、凹凸感が高く、砂岩 4 は凹凸が認識されやすい。目の粗さ感、複雑さに関しては、ややばらつきはあるが影響がある。明暗感に関しては影響がなく、評価の違いは、砂岩種類によるところが大きいと考えられる。自然感、心地よさに関しては影響は小さく、 R_a 値以外に、砂岩種類や表面凹凸の形状等の影響が考えられる。

4. まとめ

異なる種類と仕上げの砂岩試料を用いその印象に関して官能検査を行い影響要因を考察した。本研究の範囲で以下のことがいえる。

(1) 砂岩仕上げの視覚的評価には砂岩種類による表面色の違い、表面粗さが密接に関係していることが明らかとなった。またそれらは、評価項目ごとに影響が異なる。

(2) 目の粗さ感は凹凸感、つや感と相関があり、目が粗いほど凹凸があり、つやがないと評価された。

(3) 心地よさは目の粗さ感、つや感と相関があり、目が細かく、つやがあるほど、また印象が平凡で単純なほど心地よいと評価された。

図 4 表面粗さ R_a と各評価値の関係

(4) 凹凸の度合いを評価する R_a 値は感覚的な評価項目の凹凸感や目の粗さ感などと関係があり、また複雑さとも関係があったが、明暗感、自然感、心地よさ等との関係は不明確であった。

謝辞

レーザー変位計を用いた表面粗さ測定に関して、ご協力頂いた株式会社 KEYENCE に深く感謝致します。

参考文献

- 土屋潤, 橋高義典, 田村雅紀: 建築石材仕上げの視覚的評価に及ぼす表面性状の影響に関する研究 その 1 石材の印象評価に関する基礎的検討, 日本建築学会構造系論文集, 第 575 号, pp43-47, 2004.1
- 北村薫子, 磯田憲生: 単純なテクスチャーにおける粗さ感に及ぼす色と粗さの影響の定量的検討, 日本建築学会計画系論文集 第 514 号, pp.7-11, 1998.12
- 茶谷正洋, 大野隆造, 小林啓明: テクスチャーの視覚に関する研究 第 4 報 照射光が見えのあらさに及ぼす影響, 日本建築学会論文報告集, 第 349 号, pp1-9, 1985.3
- 赤沼涼子, 橋高義典, 山本康弘, 本間礼人: 画像解析手法による建築物の色彩分布計測, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.1213-1214, 1996.9

(2004年 2月10日原稿受理, 2004年 6月17日採用決定)